PARTS OF THE ORIGINAL DOCUMENT

ARE OF POOR REPRODUCTIVE QUALITY

CERTAINES PARTIES DU DOCUMENT ORIGINAL

SONT DE PIÈTRE QUALITÉ DE REPRODUCTION

TP-8551 F

Préparé pour le

Centre de développement des transports

Transports Canada

par

GENTEC INC.

JUIN 1987

CA1
DTC 800
87
C52
c.2

CAI
DTC800
87
TP 8551F C52
c 2

CØNSTRUCTIØN ET ESSAI D'UN VELØCIMETRE A ULTRA-SØNS

utilisable à bord d'un brise-glace de la Garde côtière

par
Germain Legault, ing.

GENTEC INC.
2625, Dalton
Ste-Foy, (Que)
G1P 3S9
(418) 651-8000

Library and Information Centre / Centre de documentation (GSLA)
RECEIVED - REÇU LE
FEB 16 1988
Transport Canada / Transports Canada

juin 1987

36824

EQUIPE DE RECHERCHE

L'équipe de recherche de Gentec inc. était composée de:

Raymond Roberge, Ph. D.
Germain Legault, ing.
Jean-Claude Drouin, T.Sc A.
Yvan Grondin, Tech.

REMERCIEMENTS

M. Jacques E. Laframboise, Centre de développement des transports.
M. Roy S. Nishizaki, Centre de développement des transports.
Capitaine Raymond D'Amours, Garde Côtière Québec.
Capitaine Brisebois, "Sir Wilfrid Laurier".

AVERTISSEMENT

Les opinions et les vues exprimées dans ce rapport sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du Centre de développement des transports, Transports Canada.

An English summary of this report is included immediately preceding the table of contents.

Transports Canada / Transport Canada
Développement / Development

FORMULE DOCUMENTAIRE DU RAPPORT

1. Nº du rapport Transports Canada	2. Nº de l'étude — CDT	3. Nº de catalogue du destinataire
TP 8551F	6763	

4. Titre et sous-titre	5. Date du rapport
CONSTRUCTION ET ESSAI D'UN VÉLOCIMÈTRE À ULTRA-SONS	Juin 1987
	6. Nº du rapport de l'organisme exécutant

7. Auteur(s)	8. Nº de dossier Transports Canada
Germain Legault	D 1460-188-3

9. Nom et adresse de l'organisme exécutant	10. Nº de dossier — ASC
GENTEC INC. 2625, Dalton Ste-Foy (Québec) G1P 3S9	11SD.T8200-6-6525
	11. Nº de contrat — ASC ou Transports Canada
	T8200-6-6525/01-SD

12. Nom et adresse de l'organisme parrain	13. Genre de rapport et période visée
Centre de développement des transports (CDT) 200 ouest, boul. Dorchester Suite 601, tour ouest Montréal (Québec) H2Z 1X4	
	14. Code de l'organisme parrain
	6763

15. Remarques additionnelles	16. Agent de projet — CDT
	J.E. Laframboise

17. Résumé

Ce rapport traite des travaux de développement et des essais réalisés sur un système ultra-son de mesure de la vitesse d'un brise-glace en conditions d'opération.

Ce projet a permis de réaliser les recommandations émises en juin 1985 dans un rapport intitulé "Ultrasonic Doppler Velocimeter for Icebreakers" (TP 6786E).

Une première phase du projet a consisté à faire l'évaluation sur un brise-glace, d'une nouvelle source à ultra-sons d'une puissance accrue.

Dans la partie consacrée aux travaux de développement, le rapport décrit sommairement les adaptations de la quincaillerie et le traitement effectué par le logiciel.

Les caractéristiques du vélocimètre y sont décrites ainsi que ses limitations. À la fin des travaux, des évaluations démontrent qu'il y a encore possibilité d'améliorer la précision du système et son temps de réponse.

18. Mots-clés	19. Diffusion
Mesure de la vitesse, effet Doppler, ultra-sons, vélocimètre, brise-glace.	Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.

20. Classification de sécurité (de ce rapport)	21. Classification de sécurité (de cette page)	22. Nombre de pages	23. Prix
non classifié	non classifiée		

CDT/TDC 79-005
Rev 86

Canada

Transport Canada / Transports Canada

Development / Développement

REPORT DOCUMENTATION FORM

1. Transport Canada Report No.	2. TDC Project No.	3. Recipient's Catalogue No.
TP 8551F	6763	

4. Title and Subtitle	5. Report Date
CONSTRUCTION ET ESSAI D'UN VELOCIMETRE A ULTRA-SONS	June 1987
	6. Performing Organization Report No.

7. Author(s)	8. Transport Canada File No.
Germain Legault	D 1460-188-3

9. Performing Organization Name and Address	10. DSS File No.
GENTEC INC. 2625, Dalton Ste-Foy (Québec) G1P 3S9	11SD.T8200-6-6525
	11. DSS or Transport Canada Contract No.
	T8200-6-6525/01-SD

12. Sponsoring Agency Name and Address	13. Type of Report and Period Covered
Transportation Development Centre (TDC) 200 Dorchester Blvd. West Suite 601, West Tower Montreal, Quebec H2Z 1X4	
	14. Sponsoring Agency Code
	6763

15. Supplementary Notes	16. TDC Project Officer
	J.E. Laframboise

17. Abstract

The report describes the development and testing of an ultrasonic speed measurement system for icebreakers.

The project fulfilled the recommendations made in a report entitled "Ultrasonic Doppler Velocimeter for Icebreakers" (TP 6786E), June 1985.

The first phase of the project involved testing a new, more powerful ultrasonic source on an icebreaker.

Development activities included modifying the hardware and the tasks performed by the software.

The velocimeter's characteristics and limitations are described. Tests conducted upon conclusion of the work showed that there was still room for improvement in the system's precision and its response time.

18. Key Words	19. Distribution Statement
Speed measurement, Doppler effect, Ultrasonic, Velocimeter, Icebreaker	Limited number of copies available from the Transportation Development Centre.

20. Security Classification (of this report)	21. Security Classification (of this page)	22. No. of Pages	23. Price
Unclassified	Unclassified		

TDC/CDT 79-005
Rev 86

Canada

AVANT-PRØPØS

Ce projet s'inscrit dans un contexte d'efforts de développement innovateur en matière de mesure de vitesse sans contact, en utilisant la technologie des ultra-sons pour y parvenir. Il constitue une poursuite des travaux de recherche entamés en 1982-1985 lors du projet intitulé "Indicateur de vitesse Doppler à ultra-sons pour brise-glace" (TP-6786).

Ce projet qui regroupe des éléments de technologie avancées tels que ultra-sons, communications et microprocesseur, offre des perspectives d'avenir intéressantes en s'inscrivant dans un environnement de navigation.

SØMMAIRE

En 1982, Gentec inc. recevait le mandat, par le Centre de développement des transports, de développer un système de mesure de précision de la vitesse d'un brise-glace en condition d'opération utilisant la technologie des ultra-sons. Les conclusions et recommandations du rapport "Ultrasonic Doppler Velocimeter for Icebreakers" (TP 6786E), présenté en juin 1985, stipulaient que la puissance émise était insuffisante et qu'un deuxième effort de développement serait entrepris. Øn recommandait l'achat et l'adaptation d'une source plus puissante, la modification du tandem émetteur-récepteur, l'étude du comportement en conditions de froid et finalement l'essai sur un brise-glace.

Grâce à la précieuse collaboration de M. R. Nishizaki du Centre de développement des transports, une source à ultra-sons d'une puissance accrue fut identifiée. La source ST-100A et le circuit électronique Air Ranger III de la compagnie Milltronics ont été retenus. Les recommandations émises dans le rapport TP 6786E furent mises en application et la seconde phase de développement débuta en septembre 1986.

Ce rapport porte sur la deuxième phase de développement du vélocimètre (septembre 1986 à avril 1987). Øn y relate les différentes étapes entreprises au cours du projet. Les travaux ont porté sur l'achat, l'étude et l'adaptation de la nouvelle source à ultra-sons, de même que sur l'élaboration d'un logiciel de traitement.

Une révision du concept de base a précédé l'étude du circuit Milltronics. Un premier essai statique a été effectué, identifiant les circuits utilisables sur le Air Ranger III. Un essai concluant sur un brise-glace a permis de faire des évaluations qualitatives des performances de la source ST-100A. Des circuits ont été adaptés et d'autres ajoutés. L'implantation du logiciel s'est faite en trois étapes.

Dû au manque de glace, les essais finaux n'ont pu avoir lieu. Toutefois, les évaluations quantitatives ont pu être faîtes sur simulateur. Les résultats font ressortir la présence de vibrations. L'analyse statistique des résultats donne un facteur de corrélation de 97 %. Les limitations du système sont associées à la nature de la surface "sondée", à la présence de chute de neige et aux vibrations.

Bien que déjà très intéressantes, il est conclu que les performances du vélocimètre peuvent être améliorées en augmentant le taux d'échantillonnage et en utilisant un microprocesseur plus performant. Les caractéristiques du temps de réponse et de précision seraient alors améliorées.

SUMMARY

In 1982, the Transportation Development Centre commissioned Gentec Inc. to develop a precision speed measurement system for icebreakers based on ultrasonic technology. The initial phase of development, as reported in "Ultrasonic Doppler Velocimeter for Icebreakers," TP 6786E, submitted in June 1985, found that power output was inadequate and a second development initiative was required. The recommendations of the report included the purchase and modification of a more powerful output source, alterations to the transmitter/receiver, performance tests under low temperature conditions, and finally tests on board of an icebreaker.

With the kind cooperation of R. Nishizaki of the Transportation Development Centre, a more powerful ultrasonic source was found. The ST-100A source and the Air Ranger III electronic circuit produced by Milltronics were selected. The recommendations in TP 6786E were implemented, and the second phase of development was launched in September 1986.

This report covers the second phase of development of the velocimeter (September 1986 to April 1987) and discusses the various stages of the project, including the purchase and modification of the new ultrasonic source and development of operating software.

Testing of the Milltronics circuit was preceded by a revision of the basic system design concept. An initial stationary test was conducted to identify the viable circuits in the Air Ranger III. A conclusive trial on an icebreaker allowed for qualitative performance evaluation of the ST-100A source. Some circuits were modified and others added. The software was introduced in three stages.

Because of a lack of ice, final tests could not be conducted, but quantitative evaluations were run on a simulator. The results showed the presence of vibrations. Statistical analysis of the results gave a correlation factor of 97%. The system's limitations are associated with the nature of the target surface, snowfall and vibrations.

The report concludes that the promising performance of the velocimeter can be improved by broadening the sampling scheme and using a more powerful microprocessor in order to enhance response time and precision characteristics.

TABLE DES MATIERES page

INTRØDUCTIØN 1

SECTIØN 1: DESCRIPTIØN DU TRAVAIL EFFECTUE 3
1.1 Concept de base 3
1.2 Etude du circuit Milltronics 3
1.3 Essai statique 3
1.4 Essai sur un brise-glace 4
1.5 Implantation de l'électronique 4
1.6 Implantation du logiciel 4
1.6.1 Acquisition et communication 4
1.6.2 Traitement sur IBM XT-286 8
1.6.3 Intégration sur Z-80 8
1.7 Essais sur simulateur 8

SECTIØN 2: DESCRIPTIØN DU PRØTØTYPE 11
2.1 Architecture 11
2.2 Circuit Milltronics 11
2.3 Circuit d'horloge 11
2.4 Circuit de réception 11
2.5 Circuit de compteur "STD" 15
2.6 Circuit microprocesseur "STD" 15
2.7 Circuit d'affichage "STD" 15
2.8 Circuit d'alimentation 16
2.9 Mécanique 16

SECTIØN 3: RESULTATS 17
3.1 Méthode d'installation 17
3.2 Mesures sur simulateur 17
3.3 Interprétation des résultats 20
3.3.1 Calcul d'erreur 20
3.4 Limitations 22
3.4.1 Nature de la surface 22
3.4.2 Chute de neige 22
3.4.3 Vibrations 22
3.5 Autres caractéristiques 23
3.5.1 Résolution 23
3.5.2 Temps de réponse 23
3.6 Fiche technique 24

CØNCLUSIØN 25

RECØMMANDATIØNS: PERSPECTIVES ET APPLICATIØNS 27
1- Amélioration des performances 27
2- Application à haute vitesse: Aéroglisseur 27
3- Calcul de l'élévation du navire par rapport aux glaces 27

BIBLIØGRAPHIE 29

APPENDICES

A- Application de l'effet Doppler au vélocimètre à ultra-sons

B- Détermination de la vitesse du son

C- Essais du vélocimetre à ultra-sons sur le brise-glace "Sir Wilfrid Laurier" 12-13 février 1987.

D- DESCRIPTIØN DU LØGICIEL
1- Fichier commande: VELØ.CMD
1.1- Module assembleur: VELASM.ASM
1.2- Module principal: VELØ.PAS
1.3- Module de communication: VESER.PAS
2- Programme statistique: STAT.PAS

E- LØGICIEL "LISTING"
1- VELØ.CMD
2- VELASM.ASM
3- VELØ.PAS
4- VESER.PAS
5- STAT.PAS

F- PLANS

Schéma général	SK-2848
Circuit d'horloge	SK-2846
Circuit de réception	SK-2847
Affichage	SK-2849
Circuit d'alimentation	SK-2850
Circuit compteur	SK-2853
Source ST-100A	SK-2865
Boîtier	SK-2866
Circuit CPU MDX-CPU4	SK-2867
Milltronics	10E105

LISTE DES TABLEAUX

1- Tableau des vitesses affichées et réelles 18

LISTE DES FIGURES

1- Phénomène Doppler 5

2- Méthode d'installation 6

3- Enveloppe du signal d'émission et d'écho 7

4- Montage de simulation 9

5- Diagramme du circuit d'horloge 12

6- Diagramme du circuit de réception 13

7- Diagramme de traitement de l'écho 14

8- Graphique de la vitesse: valeurs moyennes et mesurées 19

9- Graphique de la vitesse réelle vs affichée 21

A-1 Effet Doppler: observateur en mouvement A2

A-2 Effet Doppler: source en mouvement A3

A-3 Effet Doppler: source et observateur en mouvement A4

A-4 Effet Doppler: source et observateur inclinés en mouvement A5

INTRØDUCTIØN

La mesure précise de la vitesse d'un navire opérant dans un champs de glace présente des difficultés insurmontables par les techniques habituelles. Les principales contraintes émanent du fait que le champs de glace ne se déplace pas à la même vitesse que l'eau le supportant, que ce même champs de glace n'est pas nécessairement fixe par rapport à l'écho radar et que la vitesse relative navire-glace demeure faible lors de l'opération en conditions sévères.

Pour résoudre ce problème, Gentec proposait, en février 1982, le développement d'un système de mesure interférométrique basé sur l'utilisation des ultra-sons. L'approche envisagée reposait sur un principe déjà utilisé par Gentec pour mesurer des longueurs et des vitesses de production de câbles industriels à l'aide d'un laser.

La technologie du laser devait être rejetée; la puissance requise étant trop forte, et les dangers pour l'oeil étant trop grands.

La technologie du radar devait également être rejetée; la glace ayant une perméabilité variable aux ondes électromagnétiques et la longueur d'onde étant de dix fois supérieure à celle envisagée par les ultra-sons.

L'utilisation des ultra-sons s'avéra la technologie la plus appropriée; la longueur d'onde de l'ordre du centimètre se prêtant bien à l'application visée.

La première phase du projet débuta en février 1982 et se termina en novembre 1985 (Gentec 11-191, MAS 48SZT8200-2-2522). Les résultats obtenus démontraient la faisabilité du système, mais révélaient aussi une lacune au niveau de la puissance d'émission des transmetteurs ultra-sons. Grâce à la précieuse collaboration de M. Roy Nishizaki du Centre de développement des transports, une source plus puissante et mieux adaptée aux conditions rencontrées sur un navire fut identifiée et analysée.

Suite à ce développement, une deuxième phase visant à intégrer la nouvelle source au système fut entreprise. De septembre 1986 à avril 1987, Gentec adapta et testa un système utilisant cette source haute puissance (Gentec 10-20-47, MAS 11SD.T8200-6-6525-A).

Les différentes difficultés rencontrées lors de cette deuxième phase furent de tout ordre: délai de livraison des composantes, informations insuffisantes sur le fonctionnement de ces composantes et hiver relativement peu propice à la formation de champs de glace importants. Nous devons mentionner ici une limitation au niveau de la vérification du rendement du système. En effet, l'arrivée plutôt hâtive du printemps nous a forcés à terminer l'évaluation des caractéristiques techniques sur un simulateur construit au cours de la première phase. Etant donné

les imperfections inhérentes au simulateur, un traitement rigoureux des données a dû être effectué.

Malgré ces inconvénients, notre équipe de développement a mis au point un système opérationnel répondant bien aux objectifs initiaux.

SECTI0N 1: DESCRIPTI0N DU TRAVAIL EFFECTUE

1.1 Concept de base

Le concept de base utilisé lors du déroulement de ce projet est illustré à la figure 1. Un émetteur-récepteur à ultra-sons se déplace vers une cible immobile. La variation de fréquence enregistrée à la réception comparativement à celle émise est utilisée dans le calcul de la vitesse de déplacement. Dans le cas précis qui nous préoccupe, soit celui de l'utilisation sur un brise-glace, la source à ultra-sons est orientée vers l'avant du bateau avec une inclinaison vers le bas (voir la figure 2). Les équations décrivant l'effet Doppler (variation de fréquence enregistrée par une source ou un observateur en mouvement) sont décrites en détail à l'appendice A. 0n y traite des équations du phénomène de base jusqu'à celles décrivant l'installation utilisée.

1.2 Etude du circuit Milltronics

Le projet a été orienté autour de la source ST-100A et du circuit Air Ranger III de la compagnie Milltronics. Cet équipement est utilisé pour des applications de mesure de niveau dans les silos à grains. Le projet a débuté par l'étude du circuit électronique du Air Ranger III en vue d'en extraire les signaux nécessaires à notre étude spectrale nous permettant de calculer la variation de fréquence.

1.3 Essai statique

Dans un premier temps, la source ST-100A a été installée à l'extérieur sur le toit, simulant ainsi une hauteur équivalente à celle rencontrée sur un navire. La nature des ajustements inhérents au circuit Air Ranger III ont été maîtrisés. L'étude du signal de réception a pu être entreprise. Les caractéristiques principales des signaux sont représentées à la figure 3.

Un support mécanique a été conçu afin d'aligner la source ST-100A à différents degrés d'inclinaison et d'orientation.

Le circuit électronique développé antérieurement lors du contrat "Indicateur de vitesse Doppler à ultra-sons pour brise-glace" (TP-6786) a été étudié afin de l'adapter.

Un circuit électronique d'adaptation a pu être élaboré en tenant compte des nouveaux paramètres. Après évaluation, des éléments de l'ancien circuit sont apparus inutiles avec la nouvelle source et le circuit de détection hétérodyne de même que le circuit de lissage (transformant le signal pulsé en signal continu) ont été mis de côté.

Le type de signal reçu nous a limités quant à l'usage de notre instrumentation. En effet, il n'existe pas ou peu d'instrumentation capable d'effectuer des mesures de fréquence en mode pulsé. Le circuit d'adaptation a permis d'utiliser un compteur, instrument d'utilisation courante, commençant ainsi à pouvoir effectuer des évaluations quantitatives.

1.4 Essai sur un brise-glace

Le but premier de l'essai sur brise-glace était d'évaluer les performances de la nouvelle source Milltronics ST-100A dans des conditions réelles d'opération. Les évaluations effectuées ont permis de confirmer que la puissance de la source était suffisante dans les pires conditions d'absorption du signal sur une surface de neige poudreuse. Cet essai a également fait ressortir les points critiques du système, tels que les fortes vibrations et la position de la source sur le navire. Le compte-rendu de l'expérimentation est joint en appendice C.

1.5 Implantation de l'électronique

Une première phase d'implantation de l'électronique a été faite au cours de l'essai statique. Le circuit d'horloge a été récupéré des anciens travaux (7) et le circuit de réception a été recalculé pour les nouvelles fréquences d'utilisation en incluant un traitement digital de l'écho.

Suite aux essais sur le brise-glace, l'électronique entourant le CPU, tels que le circuit compteur et le circuit d'affichage ont été adaptés et fabriqués. Ces circuits sont assemblés dans la porte du boîtier. Un circuit d'alimentation a dû être ajouté afin de répondre à la demande accrue.

1.6 Implantation du logiciel

Le développement du logiciel s'est effectué en 3 phases distinctes. Elles y sont décrites dans les sections suivantes. Nous avons utilisé le "Pascal", un langage évolué que nous maîtrisions bien, lié à des sections écrites en langage "assembleur".

1.6.1 Acquisition et communication

La première étape de développement du logiciel a consisté à écrire le code relatif à la lecture du compteur, à l'affichage et à la transmission sérielle des données via un port RS-232c. Ce code a été brûlé en EPRØM (Eraseable Programmable Read Ønly Memory) et exécuté par un micro-processeur Z-80. Le but de cette méthode était de simplifier le développement du logiciel en plaçant en EPRØM la section Entrée/sortie finale et en conservant la section traitement (en évaluation) sur un ordinateur personnel IBM.

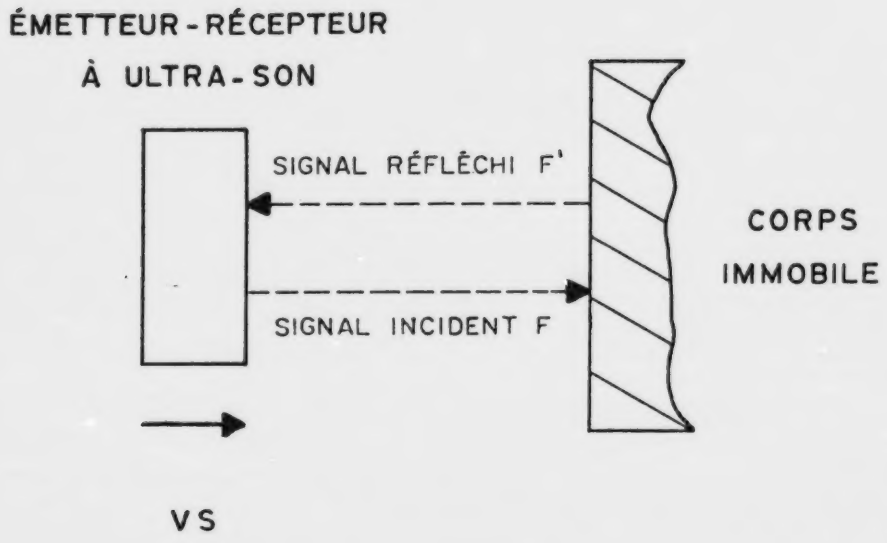


Figure 1: Phénomène Doppler

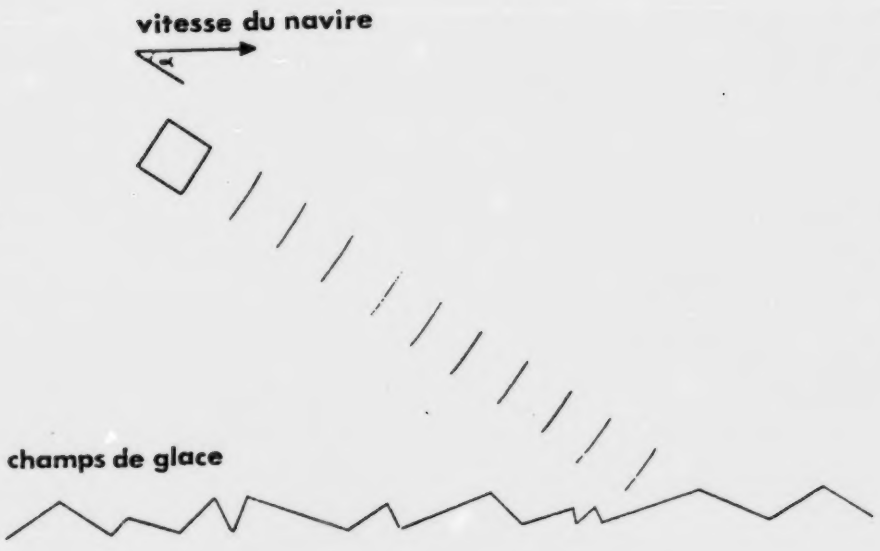


Figure 2: Méthode d'installation

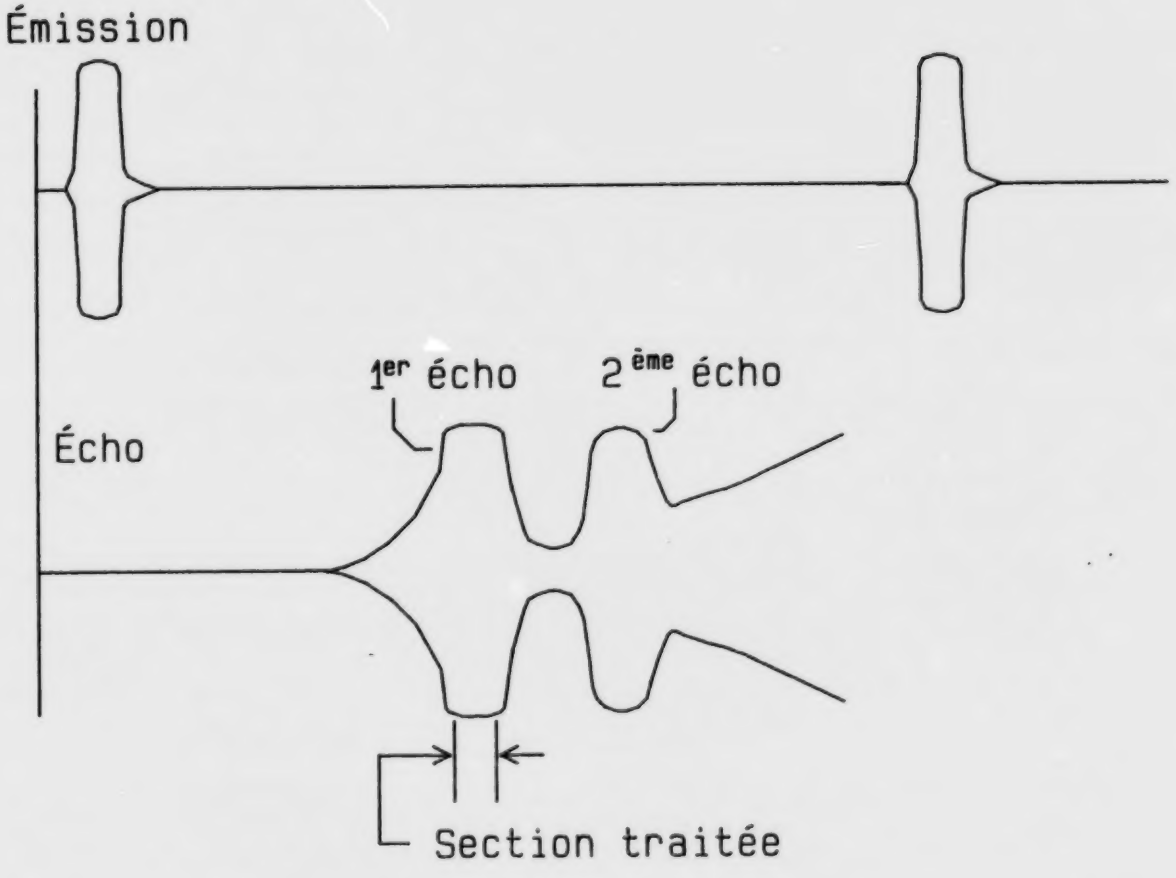


Figure 3: Enveloppe du signal d'émission et d'écho

1.6.2 Traitement sur IBM XT-286

La seconde étape a consisté à développer l'algorithme de traitement des données reçues. Il a fallu adapter ce logiciel pour une acquisition des données via un port RS-232c. L'algorithme utilisé effectue une analyse spectrale des données reçues et produit un affichage du nombre d'échantillons reçus en fonction de la vitesse. Cet affichage prend la forme d'une distribution Gaussienne. La vitesse la plus probable correspond alors à celle dont le nombre d'échantillons est le plus grand.

1.6.3 Intégration sur Z-80

La phase terminale du développement du logiciel a consisté à effectuer des adaptations mineures sur le logiciel développé dans la deuxième phase, et à le recompiler pour donner un code exécutable par le Z-80.

1.7 Essais sur simulateur

Les essais se sont déroulés sur deux types de simulation. Le test du logiciel s'est fait en simulant électriquement un écho idéal. Pour ce faire, un générateur de fréquences synchronisé par le circuit d'horloge du vélocimètre a été utilisé.

Le test final s'est effectué avec l'équipement du vélocimètre sur un simulateur mécanique. Le simulateur mécanique reproduit l'effet du mouvement avec un tapis roulant ponctué d'aspérités. Il sagit du simulateur développé dans le projet précédent (7). La figure 4 représente le montage simulé.

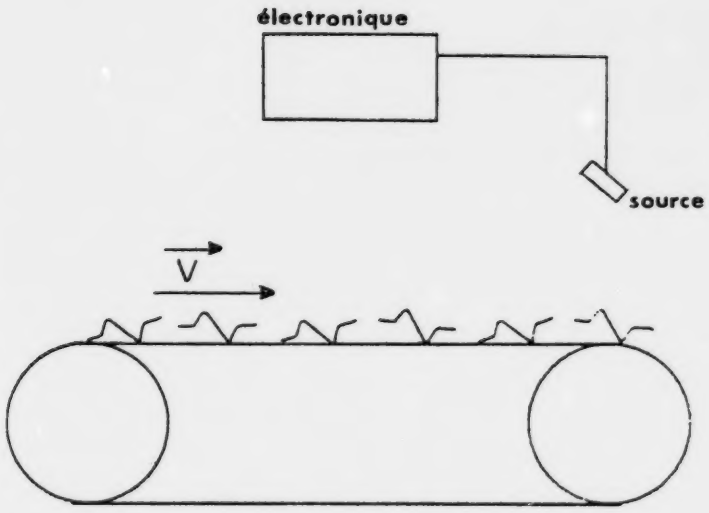


Figure 4: Montage de simulation

SECTIØN 2: DESCRIPTIØN DU PRØTØTYPE

2.1 Architecture

Le prototype développé dans le cadre du contrat, a été conçu autour du circuit Milltronics Air Ranger III. Nous avons dû y ajouter un circuit d'horloge, un circuit de réception, un circuit de compteur, un circuit d'affichage et un circuit micro-processeur. Le plan SK-2848 "Schéma général" apparaissant en appendice F représente la structure globale du vélocimètre à ultra-sons. La source à ultra-sons ST-100A est utilisée comme émetteur-récepteur, le fonctionnement du vélocimètre se faisant en mode pulsé.

2.2 Circuit Milltronics

La section conservée du circuit Air Ranger III comprend les circuits de puissance de l'étage d'émission et le circuit de découplage de réception. Sur le plan Milltronics 10E105 apparaissant en appendice F, ces circuits sont identifiés "Transmitter" et "Receiver" respectivement. La section d'alimentation a également été conservée.

2.3 Circuit d'horloge

Le circuit d'horloge constitue l'élément de synchronisation entre les différents circuits du système. Ce circuit détermine le taux de répétition, la fréquence du signal émis à la source ST-100A, la durée du signal d'émission et la base de temps. Pour des facilités de développement, la plupart des compteurs utilisés sur ce circuit sont ajustables par des interrupteurs miniatures. La figure 5 "Diagramme du circuit d'horloge" représente la logique et la synchronisation des signaux.

2.4 Circuit de réception

Le circuit de réception est constitué d'un filtre passe-bande à 23 Khz, d'un circuit de détection d'écho et d'un circuit de logique de traitement et de synchronisation. La figure 6 "Diagramme du circuit de réception" représente les différents éléments du circuit.

Le circuit de réception transforme le signal d'écho en un train d'ondes digitales dont la longueur est proportionnelle à la période de l'écho. Sachant que la fréquence est égale à l'inverse de la période, ce signal est représentatif de la fréquence de réception. Afin d'augmenter la résolution du système, la durée du train d'ondes peut être ajustée pour un nombre variable de cycles d'écho. La figure 7 "Diagramme de traitement de l'écho" représente la logique pour 10 cycles d'écho. Le train d'ondes généré est acheminé vers le circuit compteur. Un signal d'interruption est envoyé au circuit micro-processeur au moment de l'émission de l'ultra-son, indiquant la venue prochaine d'un écho.

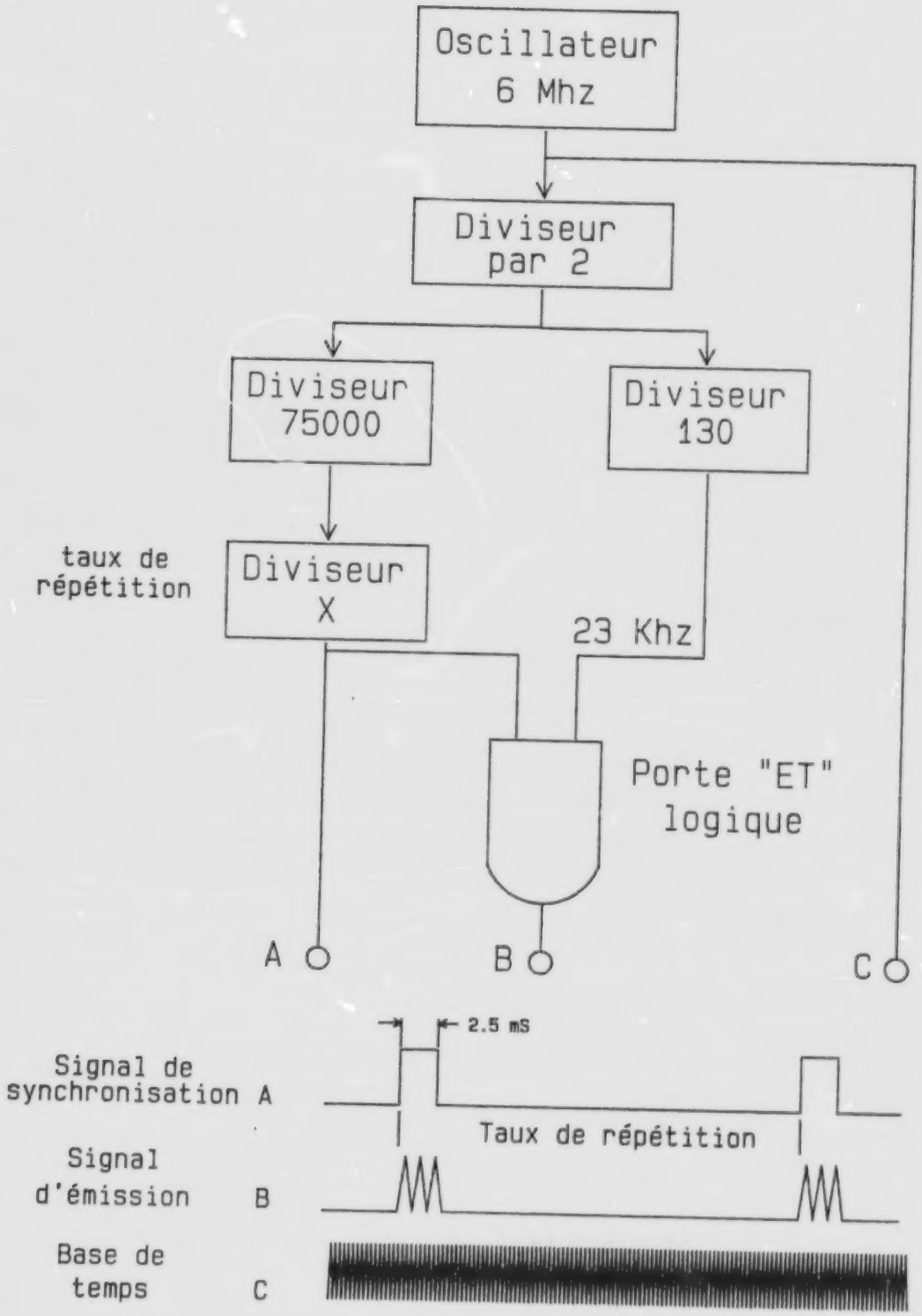


Figure 5: Diagramme du circuit d'horloge

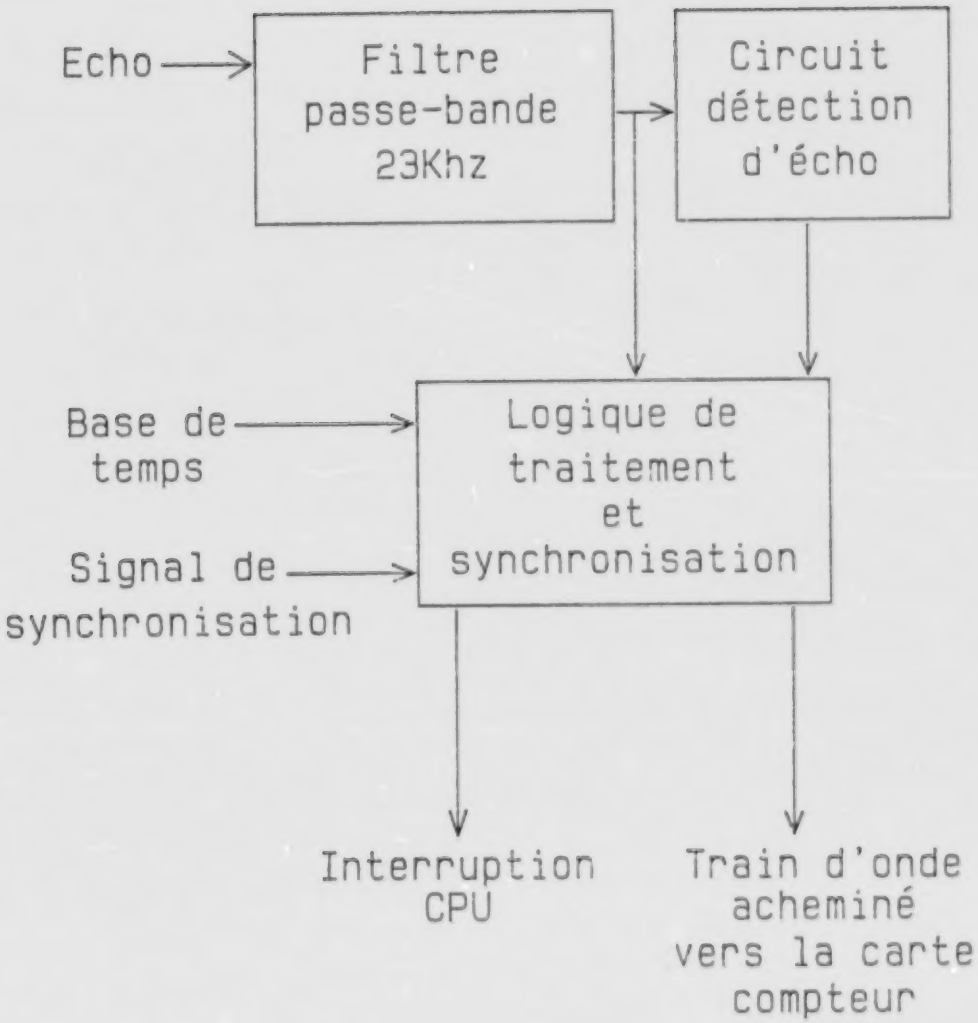
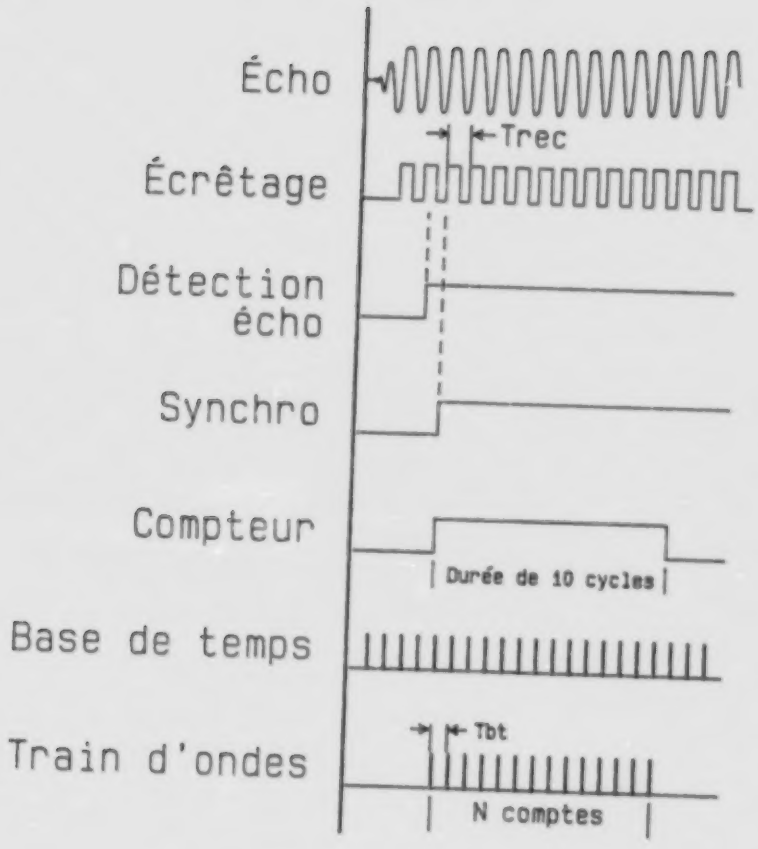


Figure 6: Diagramme du circuit de réception



$$n = \frac{10\ Trec}{Tbase\ temps}$$

$$frec = \frac{10}{n\ Tbase\ temps}$$

Figure 7: Diagramme de traitement de l'écho

2.5 Circuit de compteur "STD"

Le circuit de compteur a été adapté à partir d'un circuit standard utilisé dans les produits GENTEC. Ce circuit fonctionnant sur bus STD, est compatible avec les autres circuits "STD". Il a été modifié pour devenir un compteur 12 bits, ce qui lui donne un nombre maximum de comptes de 4095. Ce circuit reçoit le train d'ondes digitales à 6 MHz et peut être lu et remis à zéro par le micro-processeur.

Pour un échantillonnage de la fréquence de réception de X cycles, le nombre de comptes est donné par la relation:

$$N = X * Frec / Fbt$$

N = nombre de comptes
X = nombre de cycles de la fréquence de réception
Frec = fréquence de réception
Fbt = fréquence de la base de temps

ainsi pour X = 10
Frec = 23 KHz
Fbt = 6 MHz

N = 2608 ce qui correspond à la valeur théorique du compte à l'arrêt

2.6 Circuit microprocesseur "STD"

Nous avons utilisé un circuit micro-processeur de la compagnie Mostek fonctionnant sur bus STD. Le micro-processeur utilisé est le Z-80 de Zilog Corp. Les principaux travaux effectués sur ce circuit ont été l'étude des mots de contrôle servant à configurer l'adressage de la mémoire et les modifications apportées au circuit afin de le rendre compatible avec des mémoires EPRØM et RAM de capacité 8K x 8. Ce circuit supporte également le port de communication RS-232c.

2.7 Circuit d'affichage "STD"

Le circuit d'affichage a été assemblé pour fonctionner sur bus "STD". Il comporte 4 "digit" de 7 segments avec point décimal. Il permet d'afficher ainsi des mesures de vitesse positives et négatives, les dizaines, les unités et les dixièmes de l'unité de mesure choisie. Le logiciel a été conçu pour afficher la vitesse en noeuds.

2.8 Circuit d'alimentation

Le surcroît de demande de courant engendré par l'ajout de circuits a nécessité un circuit d'alimentation additionnel. Celui-ci fournit deux circuits d'alimentation à 5 volts. Le premier alimente le circuit micro-processeur tandis que le second alimente le circuit d'affichage. Chaque circuit a une capacité de 1 ampère.

2.9 Mécanique

Le travail en mécanique a consisté à construire un support inclinable et orientable pour la source à ultra-sons ST-100A. Il a également fallu adapter des braquettes de fixation pour utiliser le support inclinable à bord du brise-glace.

D'autres travaux ont consisté à ajouter des supports de fixation pour les circuits électroniques à l'intérieur du boîtier de format NEMA 4.

SECTIØN 3: RESULTATS

3.1 Méthode d'installation

Tel qu'indiqué à la figure 2, la source à ultra-sons est orientée vers l'avant du navire suivant l'axe longitudinal (ou l'axe de déplacement) et est inclinée d'un angle thêta par rapport à l'horizontale. Le meilleur site que nous ayons trouvé au cours des essais sur le brise-glace était la proue; préférée au pont puisque la surface "sondée" est immobile et que le bruit ambiant y est moindre.

3.2 Mesures sur simulateur

Les essais réalisés sur le brise-glace étaient d'ordre qualitatif et visaient à évaluer les performances de la source ST-100A dans des conditions d'opération réelles. Comme nous n'avons pu retourner faire des essais quantitatifs sur le navire, le printemps étant précoce, nous avons dû simuler l'expérience. Différentes techniques ont été abordées.

Les premiers essais se sont faits de façon statique. La difficulté rencontrée était causée par une surface inadéquate, le signal enregistré étant rejeté continuellement par le traitement. Il fallait déplacer la source pour retrouver une surface propice à l'expérience. Le mouvement devenait alors indispensable, puisque statistiquement il y a toujours un écho de bonne qualité à un moment ou à un autre.

Øn a tenté d'expérimenter, en mouvement, le vélocimètre sur de la neige avec un charriot élévateur. La durée de l'expérimentation étant restreinte par la vitesse et la longueur de fil disponible, cette méthode ne nous permettait pas d'analyser les performances en régime permanent.

Øn a finalement utilisé un simulateur mécanique fabriqué dans le cadre du contrat précédent. Celui-ci reconstitue une surface absorbante ponctuée d'aspérités permettant la réflexion de l'onde ultra-son. La figure 4 illustre le montage. Le simulateur est constitué d'un tapis roulant activé par un moteur à vitesse variable. Un détecteur a été placé sur un des tambours et permet de mesurer la période de rotation pour en calculer la vitesse de défilement. Le simulateur a du être placé à l'extérieur, puisque l'écho à l'intérieur du laboratoire était trop long et interférait avec les impulsions suivantes. Un battement appréciable du tapis était engendré par les vibrations du montage et par le vent.

Les données recueillies son présentées au tableau 1. Les vitesses affichées correspondent à celles du vélocimètre tandis que les vitesses réelles correspondent à la vitesse de défilement du simulateur. La figure 8 représente le graphique de la distribution des lectures apparaissant au tableau 1.

TABLEAU No 1:
TABLEAU DES VITESSES AFFICHÉES ET RÉELLES

Aff	Réel
8.5	8.00
8.1	8.00
6.1	6.21
8.1	6.21
6.9	6.21
4.6	4.96
6.5	4.96
4.9	4.96
3.8	3.71
1.8	3.71
4.2	3.71
3.8	3.71
3.4	2.61
4.2	2.61
0.3	1.76
1.1	1.76
2.2	0.00
1.8	0.00
1.1	0.00
-2.8	-1.78
-1.3	-1.78
-3.0	-2.68
-4.3	-2.68
-4.3	-2.68
-4.0	-3.71
-3.2	-3.71
-4.7	-4.92
-3.2	-4.92
-5.5	-4.92
-6.3	-6.18
-6.6	-6.18
-7.0	-8.07
-6.6	-8.07

Aff	Réel
8.1	8.00
5.3	6.21
6.9	6.21
8.1	6.21
7.3	6.21
6.1	4.96
5.7	4.96
4.6	4.96
3.0	3.71
3.4	3.71
3.8	3.71
4.2	3.71
3.0	2.61
3.8	2.61
1.4	1.76
1.1	1.76
0.7	0.00
2.2	0.00
1.4	0.00
-1.3	-1.78
-0.9	-1.78
-3.6	-2.68
-4.0	-2.68
-5.5	-3.71
-5.1	-3.71
-2.4	-3.71
-5.9	-4.92
-2.0	-4.92
-5.9	-4.92
-5.1	-6.18
-7.4	-8.07
-7.8	-8.07
-7.0	-8.07

Aff	Réel
8.9	8.00
6.5	6.21
6.9	6.21
6.9	6.21
4.8	4.96
6.1	4.96
6.1	4.96
1.4	3.71
3.0	3.71
3.4	3.71
4.2	3.71
5.3	3.71
4.8	2.61
2.6	2.61
0.7	1.76
1.8	0.00
0.3	0.00
1.8	0.00
-3.2	-1.78
-1.7	-1.78
-2.0	-2.68
-3.2	-2.68
-3.6	-2.68
-4.7	-3.71
-4.0	-3.71
-3.6	-3.71
-2.8	-4.92
-5.9	-4.92
-6.3	-4.92
-5.9	-6.18
-7.0	-8.07
-7.0	-8.07

Nombre d'échantillons	=	98
Ordonnée à l'origine	=	-0.23
Pente	=	0.94
Erreur standard	=	1.05
Corrélation	=	0.97

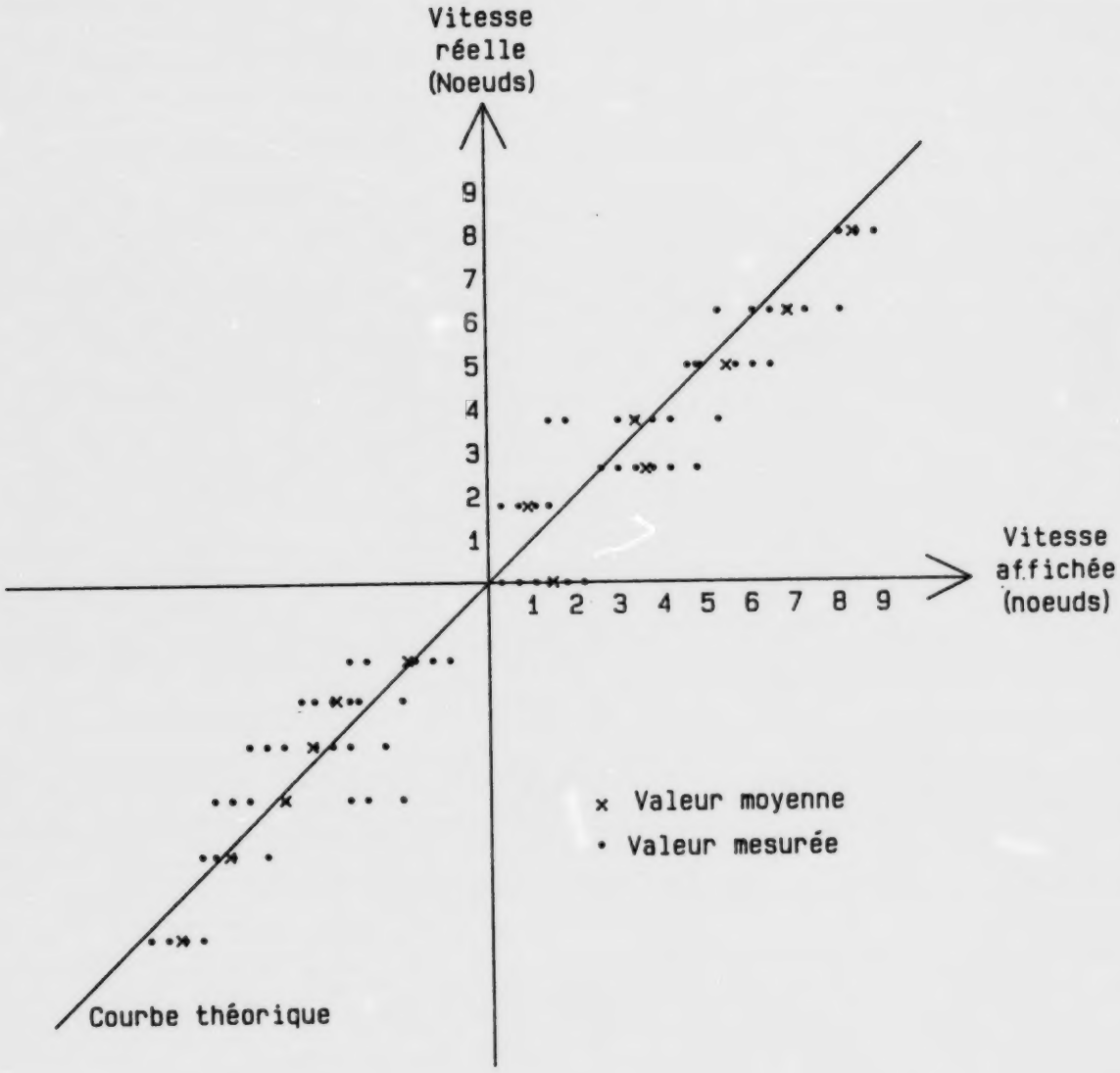


Figure 8: Graphique de la vitesse
valeurs moyennes et mesurées

3.3 Interprétation des résultats

Le traitement statistique des données du tableau 1 a été fait à l'aide du programme STAT dont le "listing" est fourni en appendice E. Les équations utilisées sont tirées de la référence (1). Le résultat de ce traitement sur 98 échantillons nous donne une droite de distribution dont l'ordonnée à l'origine est de -0.23 et de pente 0.94. L'erreur standard est de 1.05, et le facteur de corrélation est de 0.97.

3.3.1 Calcul d'erreur

Afin de comparer les résultats obtenus avec les données réelles, nous allons présenter un aperçu de l'amplitude de l'erreur causée par chacun des paramètres. La vitesse du bateau est donnée par l'équation de la figure A-4:

$$Vbateau = \frac{Vson}{\cos A} * \frac{(Frec - Femis)}{(Frec + Femis)}$$

L'évaluation de la vitesse du son est fonction de la température extérieure. Le relevé de la température s'est fait avec une précision de 2 degrés Celcius. Selon la formule de l'appendice B, l'erreur engendrée peut être évaluée de la façon suivante:

$$Evson = 2\ deg * \frac{1.165\ Kn/deg}{644.2\ Kn} = 0.4\ \%$$

L'installation du simulateur s'est faite à l'aide d'un niveau gradué au degré. Le simulateur a été ajusté indépendemment de la source. L'erreur engendrée est cumulative et donne 2 degrés. L'erreur causée par l'évaluation du "cos A" donne:

$$Ecos = 1 - \frac{\cos 45}{\cos 43} = 1 - \frac{0.7071}{0.7314} = 3.3\ \%$$

L'erreur causée par l'évaluation de la somme et de la différence des fréquences d'émission et de réception est égale à 2 fois l'erreur de l'évaluation de la fréquence reçue. A la section 2.5, la valeur de N pour une fréquence à l'arrêt est de 2608. L'erreur correspond à un "bit" du compteur et donne:

$$Efreq = 2 * \left(\frac{1}{2608} \right) = 0.1\ \%$$

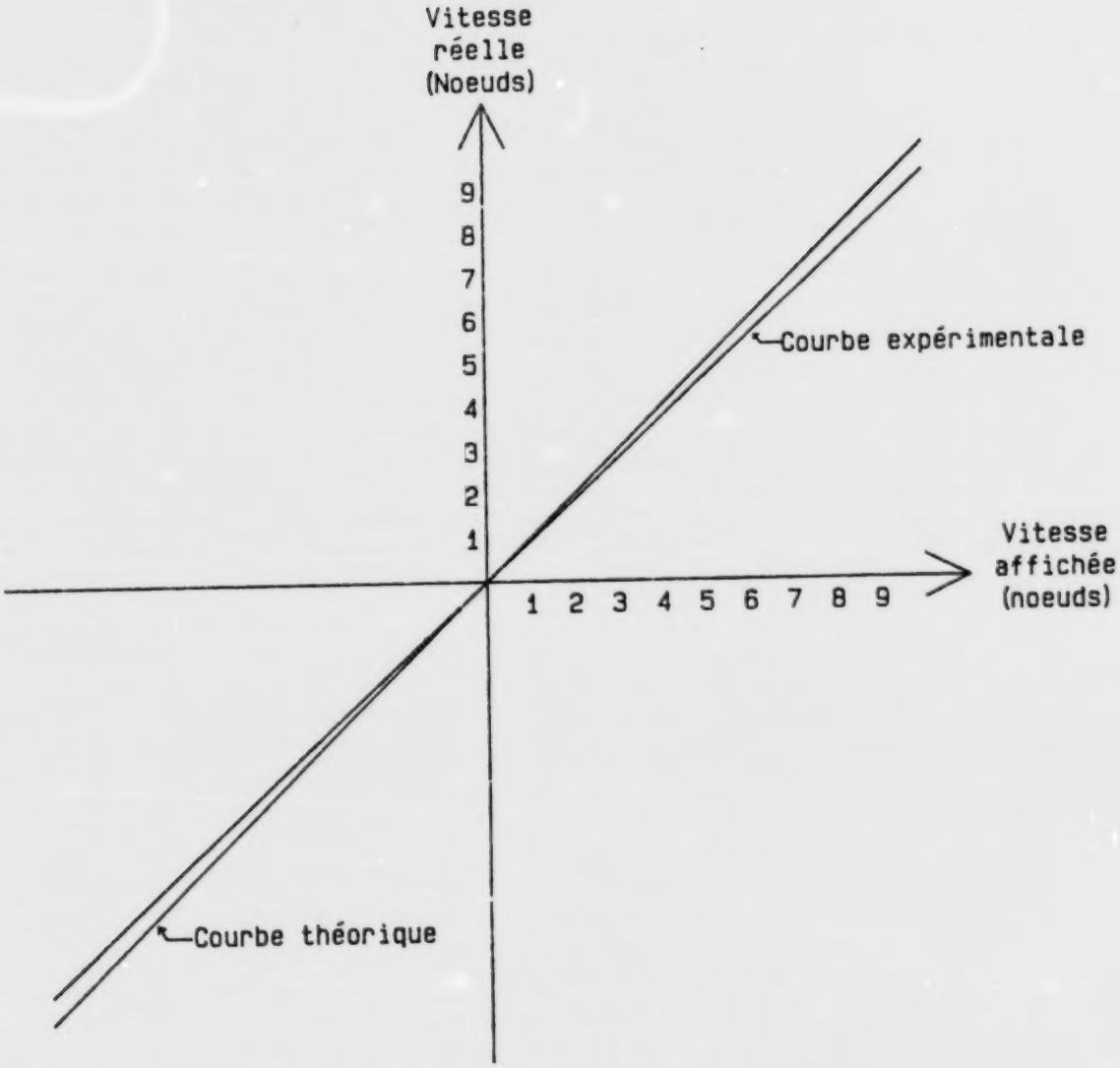


Figure 9: Graphique de la vitesse réelle vs affichée

L'erreur totale du système est donnée par la somme des erreurs individuelles:

Evson	0.4 %	vitesse du son
Ecos	3.3 %	angle d'inclinaison
Efreq	0.1 %	fréquence
------	-----	
Etotale	3.8 %	

A partir des calculs d'erreur, on voit facilement où sont les paramètres déterminants du système. En outre, le traitement statistique donne une erreur standard de 1.05 noeud et est dû à d'autres causes d'erreur.

3.4 Limitations

3.4.1 Nature de la surface

Pour être opérationnel, le vélocimètre doit sonder une surface ayant des aspérités d'au moins 1.5 cm, ce qui correspond à la longueur d'onde de l'ultra-son. Sur une surface parfaitement lisse, il n'y aurait aucune réflexion en direction du récepteur (i.e. vers l'arrière du navire) et le signal serait inexistant.

3.4.2 Chute de neige

Au cours des essais statiques, des comparaisons d'amplitude de signal ont été faites dans des conditions de tempête et de beau temps. Il a été clairement démontré que lors de la présence de neige en poudrerie, le signal est atténué largement.

3.4.3 Vibrations

L'étude détaillée de la figure 8 fait ressortir la présence de vibrations dans le simulateur. On remarque une dispersion des valeurs mesurées autour des valeurs moyennes. Quoique l'ensemble de ces données ait donné un facteur de corrélation de 97 % (l'idéal = 100 %), l'erreur standard demeure à 1.05 noeuds. En augmentant les performances du système au niveau du traitement des données et du taux de répétition, l'erreur standard pourrait grandement être améliorée.

Il faut toutefois faire remarquer que l'expérience fut exécutée sur un simulateur, et que le type de vibrations enregistrées ne sont pas celles rencontrées sur un navire.

3.5 Autres caractéristiques

3.5.1 Résolution

La résolution est donnée par les relations suivantes:

$$\text{delta V} = \frac{\text{Vson}}{\cos A} * \frac{\text{delta N}}{\text{somme N}} \qquad \text{où N = nombre de comptes}$$

et selon la figure 7

$$N = \text{Nombre de cycles reçus} * \frac{\text{Trec}}{\text{Tbt}}$$

donc on voit que pour un delta N = 1, plus le nombre de cycles reçus est grand, plus la somme N est grande et plus le delta V est petit.

Dans notre cas

$$N = 10 * \frac{6000000}{23000} = 2608$$

et la résolution est égale à:

$$\text{delta V} = \frac{644}{0.707} * \frac{1}{2 * 2608} = 0.17 \text{ noeuds}$$

3.5.2 Temps de réponse

Le temps de réponse est proportionnel au temps que prennent 50 échantillons validés à être reçus. Sachant que le taux de répétition est de 3 par seconde, et que le rendement de l'échantillonnage se situe aux environs de 50 % (pour un échantillonnage sur 10 cycles de réception), le temps de réponse est de:

$$Tr = 50 * \frac{1}{3} * \frac{1}{50\ \%} = 33 \text{ secondes}$$

3.6 Fiche technique

Les différents tests effectués au cours des sorties sur le brise-glace et en laboratoire (en conditions intérieures et extérieures) nous permettent de donner un aperçu des différentes caractéristiques du systéme de mesure à ultra-sons et d'élaborer une fiche technique.

Alimentation	120 VAC 1 Amp. 60 Hz
Température d'opération	
Sonde ST-100A	-40 à 70 deg C
Electronique	0 à 70 deg C
Dimensions	
Sonde	610 mm x 305 mm x 457 mm
Boîtier électronique	406 mm x 305 mm x 203 mm
Poids	
Electronique	18 Kg
Sonde ST-100A	25 Kg
Vibrations	fixations mécaniques adéquates sur brise-glace
Vitesse	-10 à +10 Kn ajustable
Temps de réponse	33 sec
Résolution	0.2 Kn nominal (0.1 à 1.75 Kn)
Précision	1 Kn
Portée de la source ST-100A	2 à 100 pieds
Fréquence de la source	23 KHz
Limitations	
Nature de la surface	aspérités minimales 1.5 cm
Chute de neige et embruns	réduit la précision en atténuant le signal
Vibrations	
Installation	
Alignement longitudinal	+/- 1 deg. de l'axe principal du bateau
Inclinaison de la source	45 deg. +/- 1

CØNCLUSIØN

Le travail réalisé au cours de ce contrat a permis de faire avancer de façon notable l'idée d'un système (sans contact) de mesure de vitesse à ultra-sons.

Sachant au départ que le principe de l'effet Doppler appliqué sur un plan incliné était démontré, l'utilisation d'une source plus puissante n'en était pas moins sans difficultés. Le projet a fait ressortir des éléments nouveaux lorsque la caractérisation du signal a pu être faite. Cette caractérisation nous a indiqué le type de traitement à effectuer autant du niveau quincaillerie que logiciel. En effet, les cartes d'horloge et de réception ont été adaptées à la lumière de ces éléments nouveaux. Quant au logiciel, l'algorithme a évolué au rythme de la découverte des caractéristiques du signal. Malheureusement, la saison hivernale ne nous a pas aidés en étant trop clémente. Les glaces, dans la région du bas St-Laurent, n'ont commencé à apparaître qu'à la mi-janvier pour diparaître à la mi-mars. Nous n'avons donc eu le temps que de faire des essais qualitatifs dans des conditions réelles. Les essais quantitatifs ont quand même eu lieu sur un simulateur mécanique.

Les données consignées à la section 3 démontrent bien les performances du vélocimètre en fin de projet. Ces données font ressortir le fait que l'information "vitesse" est présente et que le travail de traitement est de la plus haute importance pour améliorer la précision.

L'algorithme de traitement est indépendant de la technologie employée. Il est construit à partir du phénomène de base: l'effet Doppler. Les différences entre les technologies laser, radar et ultra-sons demeurent les variations de fréquences et les vitesses de propagation. Ces différences sont facilement ajustables dans une équation paramétrique. L'algorithme de traitement peut alors être réutilisé sur d'autres types d'instrumentation utilisant l'effet Doppler.

En examinant les données statistiques du tableau 1, on voit qu'il y a encore place à l'amélioration. Il apparaît très clairement que le phénomène Doppler caractérise très bien le signal avec un facteur de corrélation de 97% en conditions simulées à l'extérieur. L'erreur standard peut encore être réduite en insistant sur l'amélioration des paramètres comportant des erreurs accrues. La filtration de l'effet des vibrations peut être améliorée en augmentant le taux de répétition et pourra contribuer à réduire l'erreur standard. En améliorant le circuit de réception, le rendement sur le taux de répétition pourra être accru, permettant ainsi d'augmenter la réjection des vitesses parasites et de diminuer le temps de réponse.

Le vélocimètre, tel qu'il est, présente des signes d'essoufflement. Le temps de traitement des données est trop long et ne nous permet pas d'augmenter le taux de répétition au delà de 3 Hertz. L'usage d'un microprocesseur 16 bits et d'un coprocesseur mathématique serait indiqué pour améliorer les performances.

Compte tenu des performances du vélocimètre à ultra-sons, celui-ci demeure un instrument unique possédant des caractéristiques incomparables. Il est le premier instrument permettant de faire une lecture de la vitesse "bateau vs glace" sans contacts.

RECØMMANDATIØNS: PERSPECTIVES ET APPLICATIØNS

1- Amélioration des performances

Tel qu'énoncé dans la conclusion, l'augmentation du taux de répétition aurait comme impact de diminuer l'erreur standard et le temps de réponse. Cette dernière caractéristique permet d'utiliser le vélocimètre dans des régimes transitoires tels qu'accélération/décélération.

2- Application à haute vitesse: Aéroglisseur

Les caractéristiques inhérentes du vélocimètre permettent d'entrevoir un usage pratique du vélocimètre sur un aéroglisseur. En effet, le mode de mesure sans contact semble être tout indiqué pour ce type de transport. De plus, la précision accrue à haute vitesse lui donne toute sa raison d'être.

3- Calcul de l'élévation du navire par rapport aux glaces

L'indication de la hauteur du navire par rapport aux glaces semble être une donnée utilisable pour déterminer la force appliquée verticalement sur les glaces. Cette donnée peut être évaluée en mesurant le temps que prend l'ultra-son pour parcourir l'aller-retour.

BIBLIØGRAPHIE

1- Beyer,W.H., CRC Standard Mathematical Tables, CRC Press, 25eme Ed., Boca Raton FL, 1978.

2- Digital Research, Pascal MT+ Language: Programmer's Guide, Pacific Grove CA, 1983.

3- Digital Research, Pascal MT+ Language: Reference Manual, Pacific Grove CA, 1983.

4- Millman, J., Halkias, C., Integrated electronics: analog and digital circuits and systems, McGraw-Hill, N.Y., 1972, 911 p.

5- Motorola, CMØS integrated circuits, Motorola technical information center, Austin, Texas, 1978.

6- Resnick, R., Halliday, D., traduit et adapté par Nguyen, Q.T., Martel, D. Øndes,optique et physique moderne, Editions du Renouveau Pédagogique inc., Montréal, 1980, 410 p.

7- Roberge, Raymond. Indicateur de vitesse doppler à ultra-sons pour brise-glace. TP-6786 F. Centre de Développement des Transports, Transport Canada. juin 1985.

8- Stout, D.F., Kaufman, M., Handbook of operational amplifier circuit design, McGraw-Hill, N.Y., 1976.

9- Zilog, 1983/84 Components Data book, 1982.

APPENDICE A

Application de l'effet Doppler au vélocimètre à ultra-sons

L'évaluation globale de l'effet Doppler pour notre application est donnée par une composition de formules individuelles. Notre application peut être définie par comme une source et un observateur se déplaçant à la même vitesse et dans le même sens de façon oblique par rapport à une cible immobile. Cette application se décompose en mouvements individuels:

1- Une source en mouvement par rapport à un observateur fixe

2- Un observateur en mouvement par rapport à une source fixe

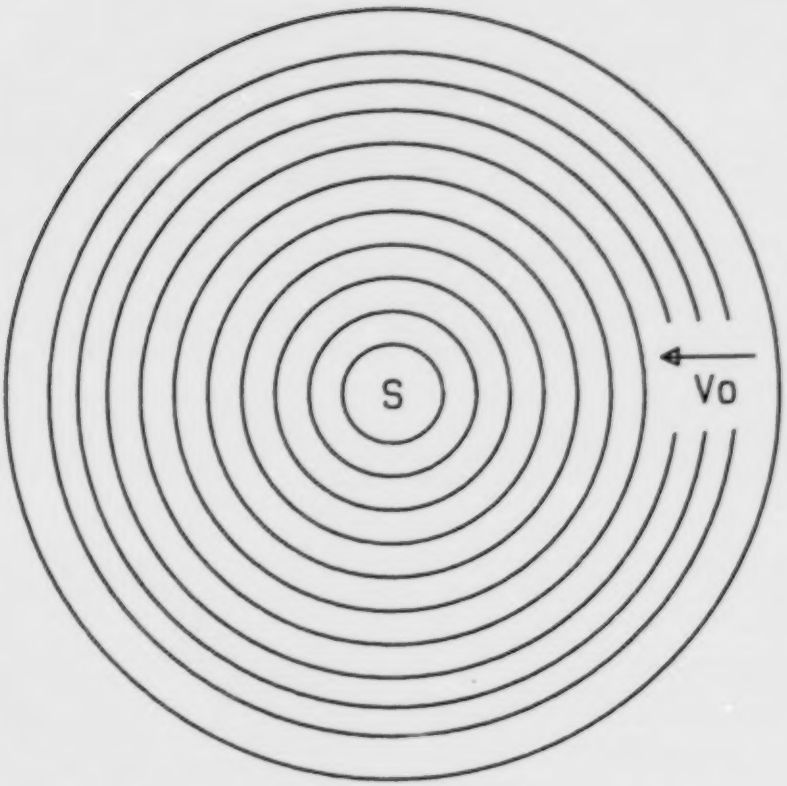
3- Une composition des 2 mouvements précédents

4- Un déplacement angulaire de (3) par rapport à une référence fixe

Les équations déterminant la fréquence vue par un observateur par rapport à celle de la source sont démontrées dans les figures A1 (dans le cas d'un observateur en mouvement) et A2 (dans celui d'une source en mouvement).

La figure A3 représente une source et un observateur en mouvement en direction d'un obstacle immobile. La fréquence "F" de la source en mouvement produit une fréquence "F1" vue par le corps immobile. Ce corps réfléchi la même fréquence "F1" qui est vue par l'observateur en mouvement à une fréquence "F2". La fréquence "F2" devient une composition des phénomènes décrits sur les figures A1 et A2. La vitesse de déplacement, en mouvement rectiligne par rapport au corps immobile, devient une fonction de la fréquence émise, de la fréquence reçue et de la vitesse du son.

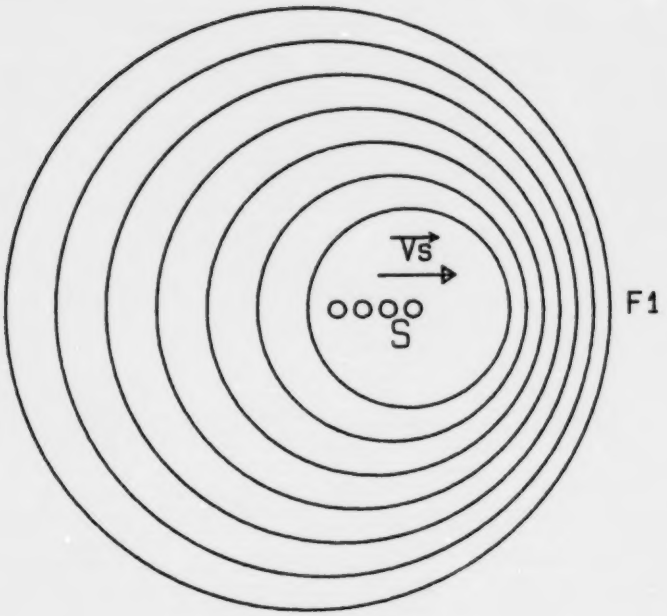
Les équations décrites sur les figures A1, A2 et A3 sont valides pour des déplacements dans l'axe observateur-source. Comme il n'y a pas d'obstacle fixe (normallement) en avant du bateau, la source et l'observateur (émetteur-récepteur) sont orientés vers le bas. La variation de fréquence enregistrée correspond au déplacement dans l'axe source-observateur-corps immobile. La vitesse du bateau correspond à la composante vectorielle représentée à la figure A4.



$$F1 = F \left(\frac{V + Vo}{V} \right)$$

S = Source
Vo = Vitesse de l'observateur
V = Vitesse du son

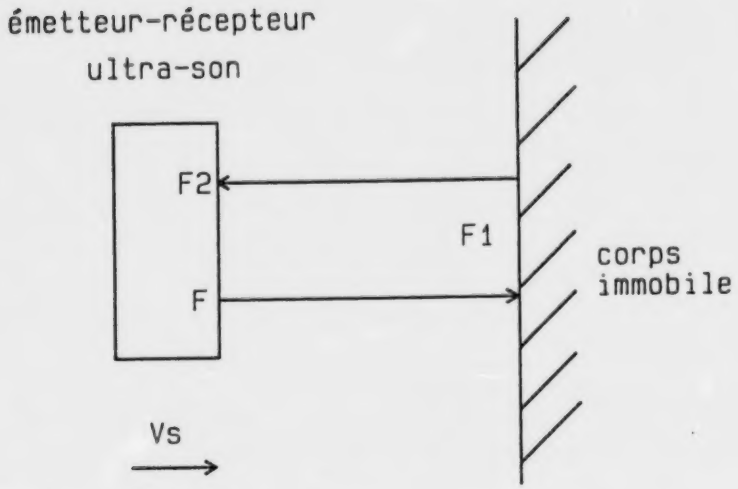
Figure A-1: Effet Doppler:
Observateur en mouvement



$$F1 = F\left(\frac{V}{V - Vs}\right)$$

S = Source
Vs = Vitesse de la source
V = Vitesse du son

Figure A-2: Effet Doppler:
Source en mouvement



F = Fréquence émise
V = Vitesse du son
Vs = Vitesse de déplacement

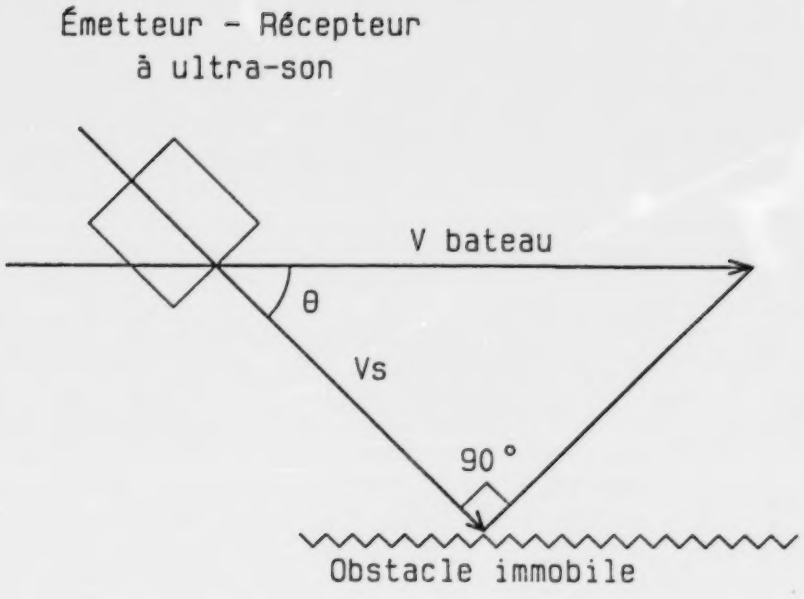
$$F1 = F \frac{V}{V - Vs}$$ Fréquence réfléchie

$$F2 = F1 \frac{V + Vs}{V}$$

$$F2 = F \frac{V + Vs}{V - Vs}$$ Fréquence reçue

$$Vs = V \frac{F2 - F}{F2 + F}$$ Vitesse de la source

Figure A-3: Effet Doppler:
Source et observateur en mouvement



$$V_{bateau} = \frac{Vs}{\cos \theta}$$

$$\boxed{V_{bateau} = \frac{V}{\cos \theta} \cdot \frac{F2 - F}{F2 + F}}$$

V = Vitesse du son

F = Fréquence émise

F2 = Fréquence reçue

Figure A-4: Effet Doppler : Source et observateur inclinés en mouvement

APPENDICE B

Détermination de la vitesse du son

Selon Kinsler "Acoustic Intensity", la vitesse du son en fonction de la température ambiante est donnée par la relation suivante:

$$V = 331.6 \text{ m / sec} + 0.6 \text{ (m / sec)} * \text{deg C}$$

ou V = vitesse du son en mètre / seconde
m = mètre
sec = seconde
deg C = degré Celcius

Pour des besoins de comparaison, cette équation a été transformée en unité de noeuds et donne:

$$V = 644.2 \text{ Kn} + 1.155 \text{ Kn / deg C}$$

ou V = vitesse du son en noeuds
Kn = noeud
(1 Kn = 6080.2 pieds/seconde approx.)

APPENDICE C

ESSAIS DU VELOCIMETRE A ULTRA-SONS SUR LE BRISE-GLACE " SIR WILFRID LAURIER "

12-13- FEVRIER 1987

METEO

Vents 30Km/hre - 18°C

NAVIGATION

Le "Sir Wilfrid-Laurier" a quitté Port-Alfred aux environs de 22:30hres. Il a ouvert une nouvelle trace dans la glace qui atteignait 40cm d'épaisseur. La vitesse moyenne enregistrée à la timonerie était de 4 à 6 noeuds. Le brise-glace se rend ainsi jusqu'à l'île Saint-Louis.

A 3:10hres A.M. il fait demi-tour et reprend la même trace. La vitesse moyenne enregistrée à la timonerie est alors de 14 noeuds. Le retour se fait à Port-Alfred à 5:30hres A.M.

SITES D'EXPERIMENTATION

Deux sites on été expérimentés: Un à la proue et l'autre sur le pont. A la proue, l'écho était détecté 80mS après l'émission; ce qui indique une portée d'environ 40 pieds à 45 degrés.

Sur le pont, la portée était d'environ 22 pieds à 45° l'écho étant perçu 45mS après l'émission.

EVALUATION DES SITES

Le site de la proue présente un avantage marquant par rapport à celui du pont. La surface de glace "sondée" est immobile et régulière et est située nettement en avant du point de cassure (et de mobilité) de la glace.

Le site du pont présente les principaux désavantages suivants:

- La surface de glace sondée est mobile, ce qui entraîne une erreur de lecture de la vitesse.
- Les embruns ont vite fait de givrer la surface du transducteur .
- Le bruit sonore environnant y est élevé.

Enfin, le signal d'écho recueilli y est de moindre qualité par rapport au site de la proue.

QUALITE DU SIGNAL vs SURFACE

Au départ, la surface sondée était de la neige alors qu'au retour la surface était composée de glace et neige mouillée se reformant en glace. La neige a la propriété d'absorber les ultra-sons ce qui réduit la qualité du signal de l'écho. La source Milltronics ST-100A est toutefois assez puissante pour que le signal atténué par la neige soit utilisable. Sur une surface glacée (glace et neige mouillée) la qualité du signal y est excellente.

VIBRATIONS

Les mouvements du navire dans la glace compacte génèrent des vibrations importantes. Les vibrations appliquent une vitesse oscillatoire au transducteur qui vient "moduler" la mesure de la vitesse réelle du navire. On a observé que dans ces conditions, la stabilité de la fréquence de l'écho y était de moindre qualité.

Dans la glace broyée (au retour), les vibrations étaient de faible ampliture et la stabilité de la fréquence de l'écho était bonne.

EFFET DOPLER

L'effet Doppler (changement de fréquence perçu par une source en mouvement) a été observé dans toutes les manoeuvres du navire: en avançant ou reculant; à 4 noeuds comme à 14 noeuds.

COMMENTAIRES

On voit que dans la glace compacte, tous les phénomènes contribuent à augmenter l'erreur:

- Présence de neige (ce qui atténue le signal)
- Vibrations élevées (donne une vitesse à la source)
- Vitesse réduite du navire

  (le pourcentage d'erreur fondamentale est plus grand à basse vitesse)

CONCLUSION

Cette sortie nous aura permis de vérifier le point fondamental du système soit la qualité du signal de réception. Malgré une surface neigeuse, la puissance de la source Milltronics ST-100A s'est avérée suffisante.

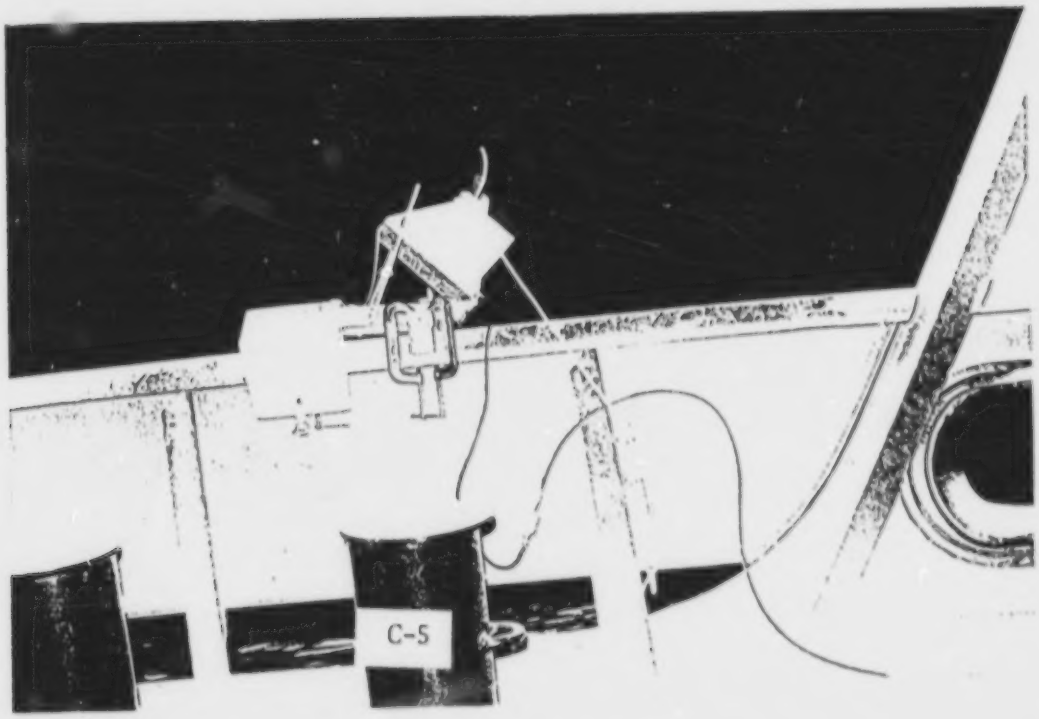
Cette sortie nous aura également permis d'identifier les points faibles du système et d'observer les comportements des mesures en relation avec les mouvements du navire.

Elle nous indique le type de traitement que le micro-processeur devra effectuer pour donner un affichage valable. Le traitement envisagé effectuera une réjection des mesures hors-limites et un calcul de moyenne de vitesse sur les dernières mesures. L'effet de vibrations pourra être atténué en ajustant le taux de répétition des impulsions ultrasoniques en relation avec la fréquence fondamentale des vibrations du navire.

Germain Legault, ing..

SITE A LA PROUE

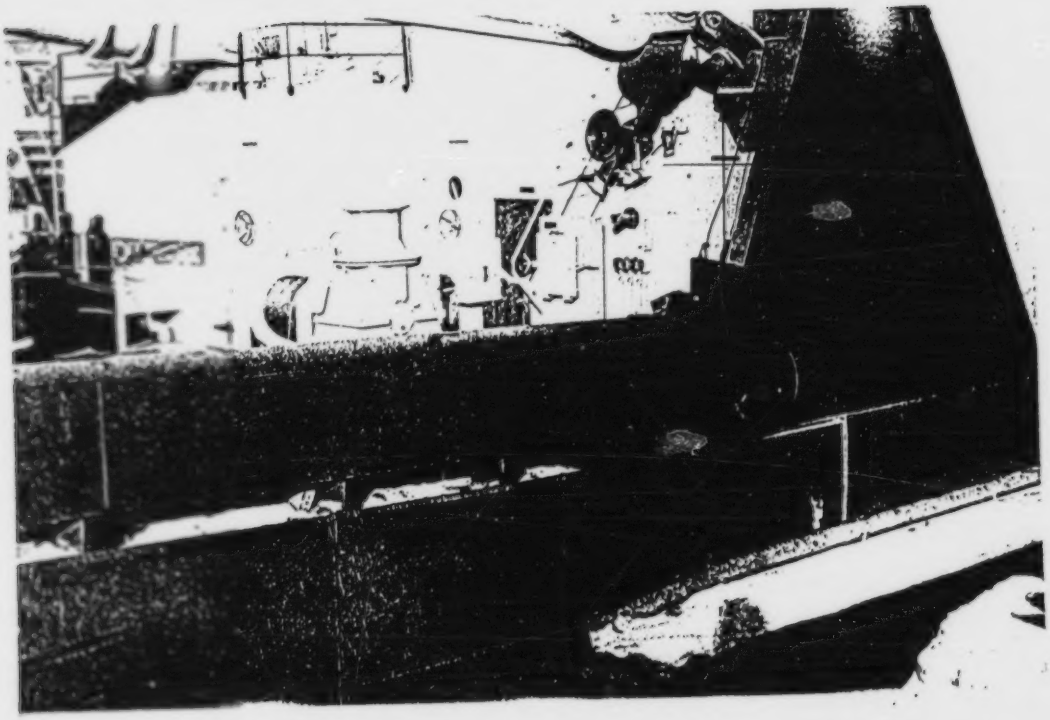
SITE SUR LE PONT



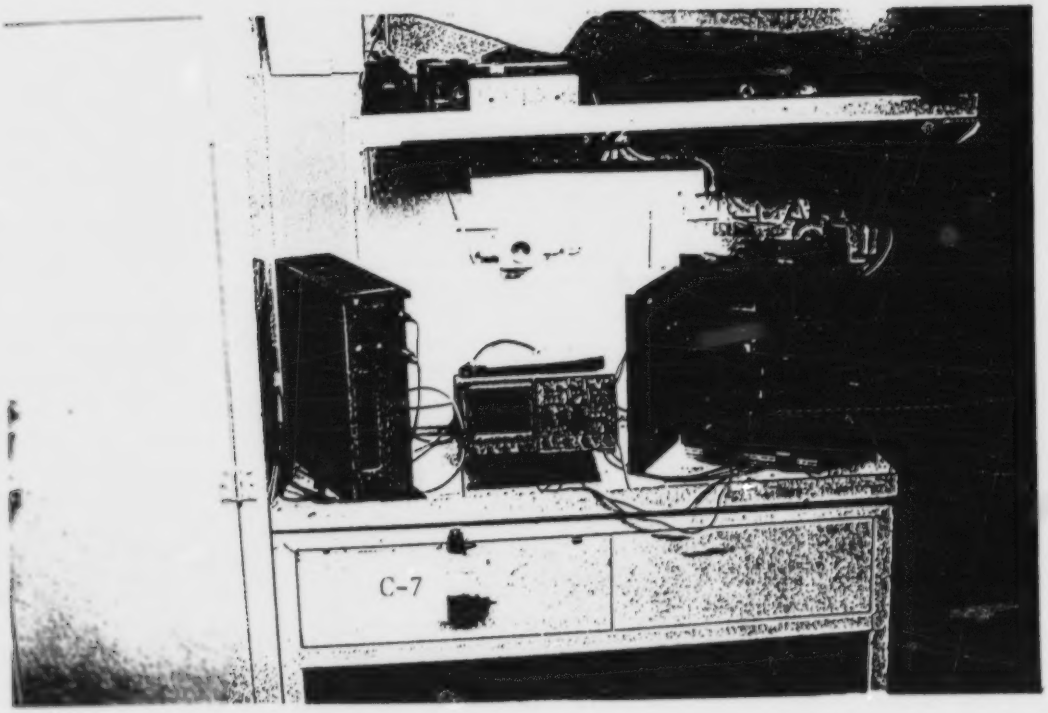
SITE SUR LE PONT

SITE SUR LE PONT
LA SURFACE DU TRANSDUCTEUR EST GIVREE

FIXATION DE LA SOURCE SUR PAVOI ARRONDI



INSTALLATION DE L'EQUIPEMENT
ELECTRONIQUE A LA PROUE



APPENDICE D

DESCRIPTIØN DU LØGICIEL

Le logiciel a été conçu en language Pascal lié avec de l'assembleur. Ce type de language évolué permet de développer le logiciel en modules individuels et ensuite lier ces modules pour produire le programme final. Les modules sont divisés selon leur fonction logique.

1- Fichier commande: VELØ.CMD

Le fichier VELØ.CMD représente la commande de liage des différents modules pour produire le code qui sera "brûlé" sur EPRØM. Tel que décrit à l'appendice E, le programme VELØ est lié à partir des modules VELASM, VELØ, VESER et les librairies FPREALS et PASLIB. Le programme est localisé à l'adresse 0 et les données sont localisées à l'adresse 8000 Hex.

1.1- Module assembleur: VELASM.ASM

Le fichier VELASM produit le vecteur d'interruption et la procédure d'interruption au cours de laquelle le compteur est lu et remis à zéro. Ce module produit également l'initialisation du port de communication série et de la carte MDX-CPU4.

1.2- Module principal: VELØ.PAS

Le module VELØ.PAS constitue le coeur du programme. C'est à l'intérieur de celui-ci que la déclaration des variables est effectuée et que les procédures de calcul et de traitement sont localisées. Au lancement du programme, une configuration par défaut est utilisée et permet d'afficher la vitesse enregistrée sans aucun ajustement additionnel. Un menu est également affiché sur la console qui donne un choix de trois fonctions. La première permet de reconfigurer le système avec de nouveaux paramètres. La seconde permet d'afficher un histogramme représentant le taux d'échantillonnage de chacune des vitesses enregistrées. Ce menu nous a été d'une grande aide lors de la caractérisation du signal reçu. Le troisième menu nous permet d'afficher la valeur brute des données reçues par le compteur pour des fins d'analyse.

1.3- Module de communication: VESER.PAS

Le module VESER.PAS regroupe les fonctions relatives à l'écriture et à la lecture de la console. Il comprend également quelques fonctions d'écrans telles que effaçage et addressage de curseur et une fonction de détection de touche pressée.

2- Programme statistique: STAT.PAS

Le programme STAT permet de lire un fichier de données et de calculer les paramètres de la courbe statistique, l'erreur standard et le facteur de corrélation. Le programme retranscrit les données dans le tableau 1.

APPENDICE E

LØGICIEL

"LISTING"

		page
1-	VEL0.CMD	E-2
2-	VELASM.ASM	E-3
3-	VEL0.PAS	E-6
4-	VESER.PAS	E-17
5-	STAT.PAS	E-20

```
********************************************************** VELO.CMD

VELO=VELASM, VELO, VESER, FPREALS/S, PASLIB/S/L/M/E/W/P:0/D:8000/H:0
```

```
********************************************************** VELASM.ASM


        ;PROGRAMME VELASM.ASM


        ;CE PROGRAMME PRODUIT LE VECTEUR D'INTERRUPTION
        ;LORS DE L'EMISSION D'UN STROBE PAR LE VELOCIMETRE

        ************************************************

        EXTRN   DONNEE,EXEC

COUNTER EQU     90H

RETI    EQU     04DEDH

STI     EQU     0B0H
IDR     EQU     STI
GPIP    EQU     STI + 1
IPRB    EQU     STI + 2
IPRA    EQU     STI + 3
ISRB    EQU     STI + 4
ISRA    EQU     STI + 5
IMRB    EQU     STI + 6
IMRA    EQU     STI + 7
PVR     EQU     STI + 8
TABCR   EQU     STI + 9
TBDR    EQU     STI + 10
TADR    EQU     STI + 11
UCR     EQU     STI + 12
RSR     EQU     STI + 13
TSR     EQU     STI + 14
UDR     EQU     STI + 15
SCR     EQU     0
TDDR    EQU     1
TCDR    EQU     2
AER     EQU     3
IERB    EQU     4
IERA    EQU     5
DDR     EQU     6
TCDCR   EQU     7


        ************************************************

        ORG     00H
        JMP     DEBUT

        ************************************************

        ORG     0038H
        JMP     INTERUP

        ************************************************

; A TOUTES LES INTERRUPTIONS LES OPERATIONS SUIVANTES SONT EFFECTUEES:
```

```
********************************************************** VELASM.ASM

;       - LECTURE DU COMPTEUR
;       - RESET DU COMPTEUR
;       - EXEC = TRUE

        ORG     040H

INTERUP:PUSH    H
        PUSH    D
        PUSH    B
        PUSH    PSW

                                ;LECTURE DU COMPTEUR 12 BITS
        IN      COUNTER+2       ;8 BITS LSB
        MOV     L,A
        IN      COUNTER+1       ;BITS 4 A 7 MSB
        RRC
        RRC
        RRC
        RRC
        ANI     0FH
        MOV     H,A
        SHLD    DONNEE

        XRA     A               ;RESET DU COMPTEUR
        OUT     COUNTER

        MVI     A,01H           ;EXEC = TRUE
        STA     EXEC

        POP     PSW
        POP     B
        POP     D
        POP     H
        EI
        RET

        ***********************************************

;LE PORT DE COMMUNICATION SERIELLE UTILISE UN STI DE MOSTEK

;LE PORT RS-232C EST CONFIGURE DE LA FACON SUIVANTE:
;       - 9600 BAUD
;       - 8 BIT, PAS DE PARITE, 1 STOP

INISTI: MVI     A,TCDCR ;COMPTEUR "D" = 3.6864 Mhz/16*9600*2 = 12
        OUT     PVR
        MVI     A,01H
        OUT     IDR     ;PRESCALE = 4
        MVI     A,TDDR
        OUT     PVR
        MVI     A,03H
        OUT     IDR     ;DIVISEUR = 3

        MVI     A,088H
        OUT     UCR     ;16X,8 BITS,1 START,1 STOP,NO PARITE
```

```
********************************************************** VELASM.ASM


        MVI     A,01H
        OUT     RSR         ;RX ENABLE
        OUT     TSR         ;TX ENABLE

        JMP     SUITE

        ***********************************************

DEBUT:  MVI     A,03        ;INITIALISE LE MAPPING DE LA CARTE MDX-CPU4
        OUT     0FFH        ;EPROM 0-7FFFH, RAM 8000-8FFFH
        XRA     A
        OUT     COUNTER
        JMP     INISTI


SUITE:  ORG     0100H

        END
```

```
********************************************************** VELO.PAS

(*$Z$08FFF*)

PROGRAM VELO;

CONST
  ON=TRUE;
  OFF=FALSE;

  ESC = $1B;
  IM1 = $056ED;

  K=1.1652;            (*SERT AU CALCUL DE LA VITESSE DU SON*)
  MIN1 = -10;         (*VITESSE MINIMUM EN NOEUDS*)
  MAX1 = 10;          (*VITESSE MAXIMUM EN NOEUDS*)
  NBCYC = 10;
  FRECEPTION = 23082;
  N1 = 50;            (*NOMBRE D'ECHANTILLONS*)
  TEXT1 = -10;        (*TEMPERATURE EXTERIEUR*)
  ANG = 45;           (*ANGLE D'EMISSION DE LA SONDE*)
  A1 = 2;
  B1 = 1;
  PI = 3.14159;
  DELTA_M = 5;

(*CODE 7 SEGMENTS DES AFFICHAGES*)
  C0=$3F;
  C1=$06;
  C2=$5B;
  C3=$4F;
  C4=$66;
  C5=$6D;
  C6=$7D;
  C7=$07;
  C8=$7F;
  C9=$67;
  M=$40; (*-*)
  BL=0;  (*"blanc"*)


VAR
  NBVALIDE:ARRAY[1..100] OF INTEGER; (*VECTEUR DES DONNEES
                                       VALIDES STATIQUES*)
  NBTRIER:ARRAY[1..100] OF INTEGER;  (*VECTEUR DES DONNEES
                                       VALIDES DYNAMIQUES*)
  NOMBRE:ARRAY[1..80] OF INTEGER;    (*VECTEUR DE L'HISTOGRAMME*)

  DONNEE,          (*VALEUR DE LA DONNEE RECUE DU COMPTEUR*)
  HAUT,            (*VALEUR MAXIMALE EN TERME DE DONNEE QUI
                     CORRESPOND A LA VITESSE MINIMALE*)
  BAS,             (*VALEUR MINIMALE EN TERME DE DONNEE QUI
                     CORRESPOND A LA VITESSE MAXIMALE*)
  POINTEUR,        (*POINTEUR DU VECTEUR -NBVALIDE-*)
  NBCYFRECU,       (*NOMBRE DE CYCLE DE LA FREQUENCE DE RECEPTION*)
  FEMIS,           (*FREQUENCE D'EMISSION*)
  PIQUE,           (*POINTEUR DU VECTEUR -NBTRIER-*)
```

```
  NB_RFSH_ECRAN,  (*VARIABLE DETERMINANT LA FREQUENCE A LAQUELLE
                    LA VITESSE MOYENNE EST AFFICHEE*)
  CASIER,         (*DETERMINE LA CASE EQUIVALENTE A LA DONNEE
                    LUE DANS L'EVALUATION DE NOMBRE*)
  EXT_HAUT,       (*VALEUR EXTREME HAUT DU SECOND TRI EN RAPPORT
                    A LA VITESSE MOYENNE*)
  EXT_BAS,        (*VALEUR EXTREME BAS DU SECOND TRI EN RAPPORT
                    A LA VITESSE MOYENNE*)
  DELAI,
  DEL_ANNULER,    (*DETERMINE LE TEMPS AUQUEL LES DONNEES N'ONT
                    PAS ETE PERCU PAR LE SECOND TRI*)
  N_COLONNES,     (*DETERMINE SUR COMBIEN DE COLONNES
                    L'HISTOGRAMME VA S'EFFECTUER*)
  DELTA,          (*DETERMINE L'ECART DES VALEURS
                    -EXT_HAUT- ET -EXT_BAS-*)
  DELTA_MIN,
  N,               (*DETERMINE LE NOMBRE D'ECHANTILLONS*)
  A,B
          :INTEGER;
  TEXT,           (*TEMPERATURE EXTERIEUR*)
  ANGLE,          (*ANGLE D'EMISSION DE LA SONDE*)
  BASE_TEMPS,     (*LA CARTE COMPTEUR DU SYSTEME COMPTE SELON
                    CETTE VARIABLE*)
  CAL1,           (*VARIABLE SERVANT A CALCULER LA VITESSE EN NOEUDS*)
  CAL2,           (*    "         "          "          "        "    *)
  CAL3,           (*    "         "          "          "        "    *)
  CALCUL,         (*    "         "          "          "        "    *)
  COSANGLE,       (*    "         "          "          "        "    *)
  VSON,           (*    "         "          "          "        "    *)
  MAX,            (*VITESSE MAXIMUM EN NOEUDS*)
  MIN,            (*VITESSE MINIMUM EN NOEUDS*)
  ECHELLE,        (*DETERMINE LES ECARTS DE CHAQUE CASE POUR L'HISTO*)
  VALIDITER,      (*SERT A TROUVER LA BONNE CASE POUR UNE DONNEE LUE*)
  ELIMINER,       (*SERT A ELIMINER UNE DONNEE EXISTANTE
                    DANS L'HISTOGRAMME*)
  VIT_MOYENNE,    (*VARIABLE CONTENANT LA VITESSE MOYENNE EN NOEUDS*)
  FRECU:     REAL;

  CHOIX,CLAV:       CHAR;

  DON_TRIER,
  PREMIERE_PASSE,
  FINPROG,
  VALIDATION,
  CLE_PRESSEE,
  EXEC
              :BOOLEAN;


(*-------------------------------------------------------------------*)

EXTERNAL PROCEDURE CONOUT(A:BYTE);
EXTERNAL FUNCTION CONIN:BYTE;
EXTERNAL PROCEDURE CLRSCR;
```

```
********************************************************** VELO.PAS


EXTERNAL PROCEDURE GOTOXY(X,Y:BYTE);
EXTERNAL FUNCTION KEYPRESSED :BOOLEAN;

PROCEDURE INI_PERI;
BEGIN
OUT[$00]:=0; (*BLANKING DE L'AFFICHAGE*)
OUT[$01]:=0;
OUT[$02]:=0;
OUT[$03]:=0;
OUT[$90]:=0;(*RESET DU COMPTEUR*)
END;

PROCEDURE INIT_1;
VAR
  I:BYTE;
BEGIN
  A:=A1;
  B:=B1;
  MIN:=MIN1;
  MAX:=MAX1;
  NBCYFRECU:=NBCYC;
  FEMIS:=FRECEPTION;
  N:=N1;
  TEXT:=TEXT1;
  ANGLE:=ANG;
  DELTA_MIN:=DELTA_M;
  BASE_TEMPS:=6.0E6;
  DELTA:=0;
END;


FUNCTION DIGIT(CH:INTEGER):BYTE;
BEGIN
CASE CH OF
  0:DIGIT:=C0;
  1:DIGIT:=C1;
  2:DIGIT:=C2;
  3:DIGIT:=C3;
  4:DIGIT:=C4;
  5:DIGIT:=C5;
  6:DIGIT:=C6;
  7:DIGIT:=C7;
  8:DIGIT:=C8;
  9:DIGIT:=C9
  END
END;


PROCEDURE AFF_VAR(VIT:real);
VAR CH:ARRAY[0..3] OF INTEGER;
  CH1:ARRAY[0..3] OF BYTE;
  VARIA:INTEGER;
BEGIN
  VARIA:=ROUND(10.0*VIT);
  IF VARIA < 0
```

```
    THEN BEGIN
      VARIA:=-VARIA;
      CH1[3]:=M
      END
    ELSE CH1[3]:=BL;
  VARIA:=VARIA MOD 1000;
  CH[2]:=VARIA DIV 100;
  VARIA:=VARIA MOD 100;
  CH[1]:=VARIA DIV 10;
  VARIA:=VARIA MOD 10;
  CH[0]:=VARIA;
  IF CH[2]=0
    THEN CH1[2]:=BL
    ELSE CH1[2]:=DIGIT(CH[2]);
  CH1[1]:=DIGIT(CH[1]) | $80;
  CH1[0]:=DIGIT(CH[0]);
  OUT[3]:=CH1[3];
  OUT[2]:=CH1[2];
  OUT[1]:=CH1[1];
  OUT[0]:=CH1[0];
END;

FUNCTION ACOS(X:REAL):REAL;
  VAR X2,X4,X6,X8,X10:REAL;
BEGIN
  X2:=X*X;
  X4:=X2*X2;
  X6:=X2*X4;
  X8:=X2*X6;
  X10:=X2*X8;
  ACOS:=1.0-(X2/2.0)+(X4/24.0)-(X6/720.0)+(X8/40320.0)-(X10/3628800.0)
END;


FUNCTION VITKN(CALCUL:REAL):REAL;
BEGIN
  FRECU:=cal1/CALCUL;
  VITKN:=cal2*((FRECU-FEMIS)/(FRECU+FEMIS))
END;


FUNCTION PER_DONNEE(VB:REAL):INTEGER;
BEGIN
  CAL3:=VB*COSANGLE;
  PER_DONNEE:=ROUND((CAL1*(VSON-CAL3))/((VSON+CAL3)*FEMIS))
END;


PROCEDURE CALCUL_PRELI;
BEGIN
  cal1:=BASE_TEMPS*NBCYFRECU;
  COSANGLE:=ACOS(ANGLE*PI/180);
  VSON:=644.19+(K*TEXT);
  cal2:=VSON/(COSANGLE);
```

```
  HAUT:=PER_DONNEE(MIN);
  BAS:=PER_DONNEE(MAX);
  EXT_HAUT:=HAUT;
  EXT_BAS:=BAS
END;

(*PROCEDURE TRI;
VAR
  I:BYTE;
  IND:BOOLEAN;
BEGIN
IF ((DONNEE)=BAS)AND(DONNEE(=HAUT))
  THEN BEGIN
    POINTEUR:=POINTEUR+1;
    NBVALIDE[POINTEUR]:=DONNEE;
    END;
IF POINTEUR)=N
  THEN BEGIN
    POINTEUR:=0;
    PREMIERE_PASSE:=TRUE
    END
END;*)

PROCEDURE TRI_EXTREME;
VAR
  I:BYTE;
  IND:BOOLEAN;
BEGIN
  IF ((DONNEE)=EXT_BAS)AND(DONNEE(=EXT_HAUT))
    THEN BEGIN
      PIQUE:=PIQUE+1;
      ELIMINER:=NBTRIER[PIQUE];
      NBTRIER[PIQUE]:=DONNEE;
      DON_TRIER:=TRUE;
      DEL_ANNULER:=0;
      DELAI:=DELAI+1
    END
    ELSE BEGIN
      DON_TRIER:=FALSE;
      DELAI:=0;
      DEL_ANNULER:=DEL_ANNULER+1
      END
END;


PROCEDURE AFFI;
BEGIN
  CLRSCR;
  WRITELN;
  WRITELN;
  WRITELN('VITESSE D''ECHANTILLONAGE (NOEUDS)');
  WRITELN('                          VITESSE MINIMALE = ',MIN:9:1);
  WRITELN('                          VITESSE MAXIMALE = ',MAX:9:1);
  WRITELN('NOMBRE D''ECHANTILLONS_____________ = ',N:5);
  WRITELN;
```

```
  WRITELN('NOMBRE DE CYCLES_____ = ',NBCYFRECU:5);
  WRITELN('FREQUENCE DE RECEPTION A L''ARRET_____ = ',FEMIS:5);
  WRITELN;
  WRITELN('ANGLE D''EMISSION_____ = ',ANGLE:5:0);
  WRITELN('TEMPERATURE EXTERIEURE_____ = ',TEXT:5:0);
  WRITELN('DELTA_____ = ',DELTA);
  WRITELN('MOD B ( DELTA ',B,' MOD A ) DELTA ',A);
  WRITELN('DELTA_MIN_____ = ',DELTA_MIN)
END;


PROCEDURE SAI_DE_DONNEE;
BEGIN
  AFFI;
  WRITELN('                    SAISIE DE DONNEE');
  WRITELN('ENTRER LA VALEUR MINIMALE ET',
  'MAXIMALE DE LA VITESSE D''ECHANTILLONAGE');
  WRITE('VITESSE MINIMALE   ');
  READLN(MIN);
  WRITE('VITESSE MAXIMALE   ');
  READLN(MAX);
  WRITE('NOMBRE D''ECHANTILLONS   ');
  READLN(N);
  WRITELN;
  WRITE('NOMBRE DE CYCLES   ');
  READLN(NBCYFRECU);
  WRITE('FREQUENCE DE RECEPTION A L''ARRET ');
  READLN(FEMIS);
  WRITELN;
  WRITE('ANGLE D''EMISSION   ');
  READLN(ANGLE);
  WRITE('TEMPERATURE EXTERIEUR EN DEGRES C   ');
  READLN(TEXT);
  WRITE('DELTA   ');
  READLN(DELTA);
  WRITE('MOD B ( DELTA  ');
  READ(B);
  WRITE('  MOD A ) DELTA  ');
  READLN(A);
  WRITE('DELTA_MIN  ');
  READLN(DELTA_MIN)
END;


PROCEDURE MENU;
BEGIN
  CLRSCR;
  WRITELN('          ****MENU****');
  WRITELN;
  WRITELN;
  WRITELN;
  WRITELN('          SAISIE DE DONNEE_____: 1   ');
  WRITELN('          HISTOGRAMME_____: 2   ');
  WRITELN('          AFFICHAGE DU COMPTEUR_____: 3   ');
```

```
  WRITELN;
  WRITELN;
  WRITELN('          VOTRE OPTION                    ( )  ');
END;


PROCEDURE AJOUT(PIQUE:INTEGER);
VAR
  IND:BOOLEAN;
BEGIN
  IND:=TRUE;
  WHILE (IND) DO
  BEGIN
    VALIDITER:=VALIDITER-ECHELLE;
    IF NBTRIER[PIQUE] > VALIDITER
    THEN BEGIN
      NOMBRE[CASIER]:=NOMBRE[CASIER]+1;
      IND:=FALSE;
    END
    ELSE
    CASIER:=CASIER+1;
  END;
  CASIER:=1;
  VALIDITER:=HAUT
END;

PROCEDURE ELIMINATION;
VAR
  IND:BOOLEAN;
BEGIN
  IND:=TRUE;
  WHILE IND DO
  BEGIN
    VALIDITER:=VALIDITER-ECHELLE;
    IF ELIMINER > VALIDITER
    THEN BEGIN
      NOMBRE[CASIER]:=NOMBRE[CASIER]-1;
      IND:=FALSE;
    END
    ELSE
    CASIER:=CASIER+1;
  END;
  CASIER:=1;
  VALIDITER:=HAUT
END;


PROCEDURE CALC_VITESSE;
VAR
  PLUS_GRAND,
  J,X,I:INTEGER;
BEGIN
  J:=0;
  FOR I:=1 TO N_COLONNES DO
```

```
    BEGIN
      X:=ROUND((NOMBRE[I]/N)*100);
      IF X>J THEN
        BEGIN
          J:=X;
          PLUS_GRAND:=I;
        END;
    END;
  VIT_MOYENNE:=HAUT-(PLUS_GRAND*ECHELLE);
  EXT_HAUT:=ROUND(VIT_MOYENNE+DELTA);
  EXT_BAS:=ROUND(VIT_MOYENNE-DELTA);
  IF EXT_HAUT > HAUT THEN EXT_HAUT:=HAUT;
  IF EXT_BAS < BAS THEN EXT_BAS:=BAS;
  VIT_MOYENNE:=VITKN(VIT_MOYENNE);
END;


(*CETTE PROCEDURE INITIALISE LES BORNES DE L'HISTOGRAMME*)
(*ELLE EST APPELEE LORS DU LANCEMENT DE LA PROCEDURE "HISTO"*)

PROCEDURE INI_HISTO;
VAR
  I:INTEGER;
BEGIN
  CALCUL_PRELI;
  N_COLONNES:=HAUT-BAS;
  IF N_COLONNES<=80
    THEN N_COLONNES:=HAUT-BAS
    ELSE BEGIN
      IF N_COLONNES<=160
        THEN N_COLONNES:=80-TRUNC((160-(HAUT-BAS))/2)
        ELSE N_COLONNES:=80-TRUNC((240-(HAUT-BAS))/3);
    END;
  ECHELLE:=(HAUT-BAS)/N_COLONNES;
  CASIER:=1;
  PIQUE:=0;
  POINTEUR:=0;
  FOR I:=1 TO 100 DO
    BEGIN
      NBTRIER[I]:=0;
      NBVALIDE[I]:=0;
    END;
  FOR I:=1 TO 80 DO NOMBRE[I]:=0;
  DEL_ANNULER:=0;
  DELAI:=0;
  PREMIERE_PASSE:=FALSE;
  VALIDITER:=HAUT
END;

PROCEDURE AFF_HISTO;
VAR
  X,I:INTEGER;
BEGIN
  CLRSCR;
  GOTOXY(1,24);
```

```
  WRITE(HAUT);
  GOTOXY(N_COLONNES,24);
  WRITE(BAS);
  GOTOXY(1,23);
  WRITE(MIN:3:1);
  GOTOXY(N_COLONNES,23);
  WRITE(MAX:3:1);
  GOTOXY(1,22);
  WRITE('0%');
  GOTOXY(1,21);
  WRITE('2%');
  GOTOXY(1,20);
  WRITE('4%');
  GOTOXY(1,10);
  WRITE('24%');
  GOTOXY(1,6);
  WRITE('32%');
  GOTOXY(1,2);
  WRITE('40%');
  GOTOXY(1,1);
  WRITELN(DONNEE);
  WRITELN(EXT_HAUT);
  WRITE(EXT_BAS);
  FOR I:=1 TO N_COLONNES DO
    BEGIN
      X:=ROUND((NOMBRE[I]/N)*100);
      X:=TRUNC(X/2);
      if x<21 then GOTOXY((I),(22-X))
        else gotoxy((i),2);
      CONOUT('*')
    END
END;

PROCEDURE HISTO;
VAR
  PLUS_GRAND:REAL;
  N_COLONNES,
  I,J,X:INTEGER;
  IND:BOOLEAN;
BEGIN
(*TRI;*)
TRI_EXTREME;
IF DON_TRIER = TRUE
  THEN BEGIN
    IF DELAI MOD B = 0
      THEN BEGIN
        IF DELTA<=DELTA_MIN
          THEN DELTA:=DELTA_MIN
          ELSE DELTA:=DELTA-1;
        END;
    ELIMINATION;
    AJOUT(PIQUE)
    END
  ELSE BEGIN
    IF DEL_ANNULER MOD A = 0
```

```
      THEN IF DELTA )= (HAUT-BAS)
             THEN DELTA:=HAUT-BAS
             ELSE DELTA:=DELTA+1;
    END;
IF PIQUE )= N THEN PIQUE:=0
END;

PROCEDURE EXE_INT; (*PROCEDURE EXECUTANT LE TRAITEMENT DE LA DONNEE*)
BEGIN
IF EXEC THEN BEGIN
  IF ((DONNEE)=BAS)AND(DONNEE(=HAUT)) THEN BEGIN
    HISTO;
    CALC_VITESSE;
    AFF_VAR(VIT_MOYENNE)
    END
  END;
EXEC:=OFF
END;

PROCEDURE REMPLIR_VECTEUR;
VAR
  I,J:INTEGER;
BEGIN
J:=PER_DONNEE(0.0);
FOR I:=1 TO N DO BEGIN
  NBTRIER[I]:=J;
  AJOUT(I)
  END
END;

BEGIN
INLINE(IM1);
INIT_1;
INI_HISTO;
INI_PERI;
REMPLIR_VECTEUR;
WHILE TRUE DO BEGIN
  CLE_PRESSEE:=OFF;
  MENU;
  GOTOXY (40,10);
  INLINE("EI);
  CHOIX:=CONIN;
  CASE CHOIX OF
    '1': BEGIN
           INLINE("DI);
           SAI_DE_DONNEE;
           INI_HISTO;
           REMPLIR_VECTEUR;
           INLINE("EI)
           END;
    '2' : BEGIN
            REPEAT
              AFF_HISTO;
            UNTIL CLE_PRESSEE
```

```
            END;
    '3' : BEGIN
            REPEAT
              GOTOXY(1,1);
              WRITE(DONNEE);
            UNTIL CLE_PRESSEE
            END
    END
  END
END.
```

```
********************************************************** VESER.PAS

MODULE VESER;

(*************************************************************************)
(*                      MODULE D'INTERFACE SERIE                         *)
(*  DATE:LE 5 JANVIER 1987                                               *)
(*************************************************************************)

CONST
  ON = TRUE;
  OFF = FALSE;

  ESC  = $1B;
  XOFF = $13;
  CCR  = $0D;
  LONG = 8;


  IDR    = $B0;
  IMRA   = $B7;
  PVR    = $B8;
  TABCR  = $B9;
  TBDR   = $BA;
  UCR    = $BC;
  RSR    = $BD;
  TSR    = $BE;
  UDR    = $BF;
  tddr   = $01;
  tcdr   = $02;
  aer    = $03;
  iera   = $05;
  ddr    = $06;
  tcdcr  = $07;

(*PROGRAMME PRINCIPAL*)
VAR
  CLE_PRESSEE:EXTERNAL BOOLEAN;

EXTERNAL PROCEDURE EXE_INT;


(*************************************************************************)

FUNCTION CONIN:BYTE;
(*FONCTION QUI LIE ET RETOURNE LA VALEUR DU CARACTERE RECU
SUR LE PORT SERIEL*)
VAR
  A:BYTE;
BEGIN
REPEAT
  REPEAT
    EXE_INT;
    A:=INP[RSR]
  UNTIL TSTBIT(A,7);
  A:=INP[UDR] & $7F
UNTIL (A IN [$07,$08,$0A,$0D,$11,$13,$1B,$20..$7F]);
```

```
********************************************************** VESER.PAS


CONIN:=A
END;

(*************************************************************************)

PROCEDURE CONOUT(A:BYTE);
(* PROCEDURE QUI ECRIT "A" AU PORT SERIEL                               *)
VAR
  B:BYTE;
BEGIN
  REPEAT
    EXE_INT;
    B:=INP[TSR]
  UNTIL TSTBIT(B,7);
  IF KEYPRESSED THEN
  BEGIN
    B:=CONIN;
    IF (B=XOFF) THEN B:=CONIN
    END;
  OUT[UDR]:=A
END;

(*************************************************************************)

FUNCTION KEYPRESSED: BOOLEAN;
(* FONCTION QUI VERIFIE LE STATUS DU PORT SERIEL                        *)
VAR
  A: BYTE;
BEGIN
  A:=INP[RSR];
  IF TSTBIT(A,7) THEN CLE_PRESSE:=ON;
  KEYPRESSED:=TSTBIT(A,7)
END;

(*************************************************************************)

PROCEDURE CLRSCR;
BEGIN
CONOUT(ESC);
CONOUT('*')
END;

(*************************************************************************)

PROCEDURE GOTOXY(X,Y:BYTE);
BEGIN
CONOUT(ESC);
CONOUT('=');
CONOUT(Y+31);
CONOUT(X+31)
END;

(*************************************************************************)

FUNCTION @BDOS(FUNC,PARM: INTEGER): INTEGER;
```

```
********************************************************** VESER.PAS


VAR
  A: BYTE;
  I,RESULT: INTEGER;
BEGIN
  INLINE("LHLD/PARM/"MOV A,L/"STA/A);
  CASE FUNC OF
    1: BEGIN
         A:=CONIN;
         CLRBIT(A,7);
         CONOUT(A);
         RESULT:=A
       END;
    2: CONOUT(A);
   10: BEGIN
         I:=0;
         INLINE("MVIA/LONG/"LHLD/PARM/"MOVMA);
         A:=CONIN;
         WHILE ((A()CCR) AND (I(LONG)) DO
         BEGIN
           CONOUT(A);
           I:=I+1;
           INLINE("LDA/A/"LHLD/PARM/"INXH/"XCHG/"LHLD/I/"DADD/"MOVMA);
           A:=CONIN
         END;
         INLINE("LHLD/I/"XCHG/"LHLD/PARM/"INXH/"MOVME)
       END;
   11: IF KEYPRESSED THEN RESULT:=$FF
                     ELSE RESULT:=$00
  END;
  @BDOS:=RESULT
END;

(*****************************************************************)

PROCEDURE @DFLT;
BEGIN
END;

(*****************************************************************)

MODEND.
```

```
**********************************************************STAT.PAS

PROGRAM STAT;

CONST
     Z = 100;

TYPE
   TAB=ARRAY[1..2,1..Z] OF REAL;

VAR
   I,J,K,L,N,N1:INTEGER;
   A:TAB;
   R,B0,B1,SE,
   Y,Y1,
   SX1,SX2,SY1,SY2,SXY:REAL;
   F:TEXT;


FUNCTION SOMXI(A:TAB):REAL;
VAR X:REAL;
BEGIN
X:=0.0;
FOR I:=1 TO N DO
 X:=X+A[1,I];
SOMXI:=X
END;


FUNCTION SOMYI(A:TAB):REAL;
VAR X:REAL;
BEGIN
X:=0.0;
FOR I:=1 TO N DO
 X:=X+A[2,I];
SOMYI:=X
END;


FUNCTION SOMXIYI(A:TAB):REAL;
VAR X:REAL;
BEGIN
X:=0.0;
FOR I:=1 TO N DO
 X:=X+A[1,I]*A[2,I];
SOMXIYI:=X
END;


FUNCTION SOMXI2(A:TAB):REAL;
VAR X:REAL;
BEGIN
X:=0.0;
FOR I:=1 TO N DO
 X:=X+SQR(A[1,I]);
SOMXI2:=X
END;
```

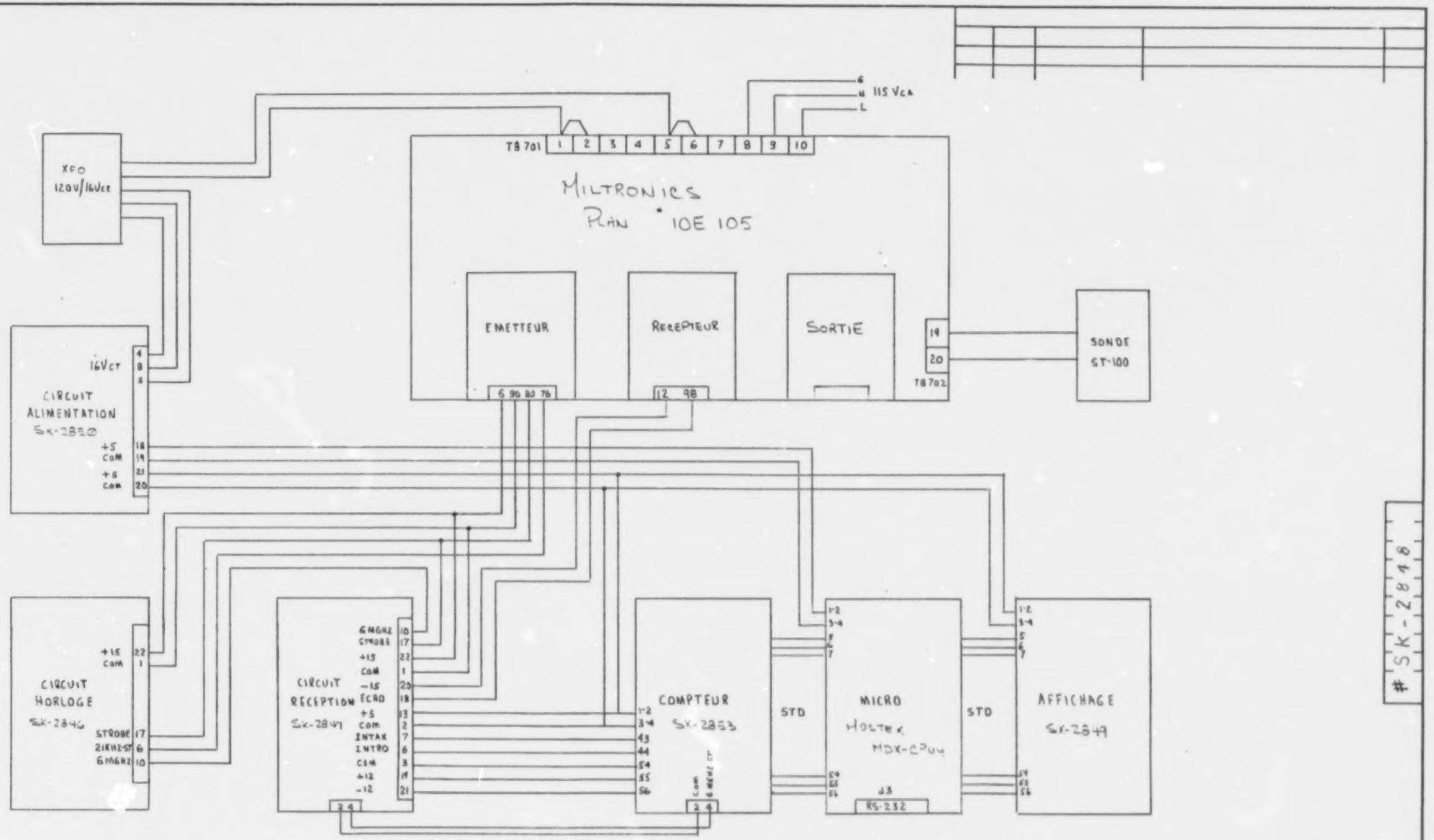
```
FUNCTION SOMYI2(A:TAB):REAL;
VAR X:REAL;
BEGIN
X:=0.0;
FOR I:=1 TO N DO
 X:=X+SQR(A[2,I]);
SOMYI2:=X
END;


PROCEDURE ACQUISITION;
VAR ST1:STRING[12];
    CODE,CODE1:INTEGER;
BEGIN
ASSIGN(F,'DON.PAS');
RESET(F);
I:=1;
REPEAT
  READLN(F,ST1);
  VAL(COPY(ST1,1,4),A[1,I],CODE);
  VAL(COPY(ST1,7,5),A[2,I],CODE1);
  I:=I+1
UNTIL EOF(F);
N:=I-1
END;

BEGIN
ACQUISITION;
SX1:=SOMXI(A);
SX2:=SOMXI2(A);
SY1:=SOMYI(A);
SY2:=SOMYI2(A);
SXY:=SOMXIYI(A);
B1:= ( N*SXY - SX1*SY1 ) /  ( N*SX2 - SQR(SX1) );
B0:= ( SY1/N  -  (B1*SX1/N));
R := (N*SXY-SX1*SY1) / SQRT( (N*SX2-SQR(SX1)) * (N*SY2-SQR(SY1)) );
Y:=0.0;
FOR I:=1 TO N DO Y:=Y+SQR( A[2,I] - B0 - B1*A[1,I] );
SE := SQRT( Y/(N-2) );

FOR I:=1 TO 5 DO WRITELN(LST);
WRITELN(LST,'          TABLEAU No 1:');
WRITELN(LST,'          TABLEAU DES VITESSES AFFICHEES ET REELLES');
FOR I:=1 TO 3 DO WRITELN(LST);
WRITELN(LST,
'          Aff   R(el             Aff   R(el             Aff   R(el');
N1 :=(N DIV 3)+1;
FOR I:=1 TO N1 DO BEGIN
  J:=3*I-1;
  K:=3*I-2;
  L:=3*I;
  WRITELN(LST,'     ',A[1,K]:7:1,A[2,K]:7:2,'        ',
    A[1,J]:7:1,A[2,J]:7:2,'        ',A[1,L]:7:1,A[2,L]:7:2)
```

```
  END;
FOR I :=1 TO 5 DO WRITELN(LST);
WRITELN(LST,'          Nombre d''{chantillons  = ',N:6);
WRITELN(LST,'          Ordonn{e @ l''origine   = ',B0:6:2);
WRITELN(LST,'          Pente                  = ',B1:6:2);
WRITELN(LST,'          Erreur standard        = ',SE:6:2);
WRITELN(LST,'          Corr{lation            = ',R:6:2);
WRITELN(LST,CHR(12))
END.
```

APPENDICE F

PLANS

Schéma général	SK-2848
Circuit d'horloge	SK-2846
Circuit de réception	SK-2847
Affichage	SK-2849
Circuit d'alimentation	SK-2850
Circuit compteur	SK-2853
Source ST-100A	SK-2865
Boîtier	SK-2866
Circuit CPU MDX-CPU4	SK-2867
Milltronics	10E105



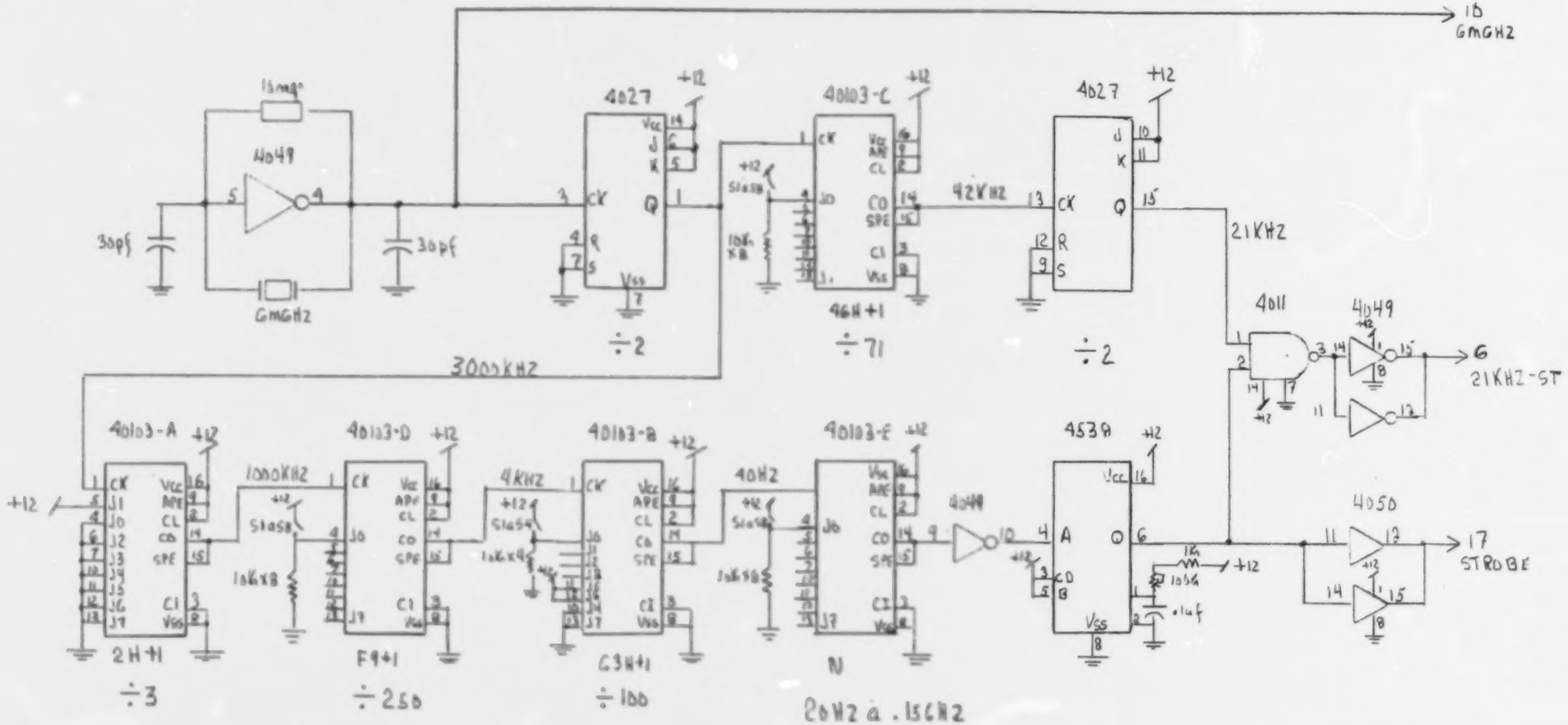
#SK-2848

REF.	REVISIONS	DATE	√
TOLERANCE DEC. FRAC. ANGLE			
√			
√			
CD			
DATE 87-03-26			

gentec

SCHEMA GENERAL
VELOCIMETRE

#SK-2848 A2



REF.	REVISIONS	DATE	√

TOLERANCE
DEC. ±
FRAC. ±
ANGLE ±
√

√

JCD

DATE 87-03-26

—

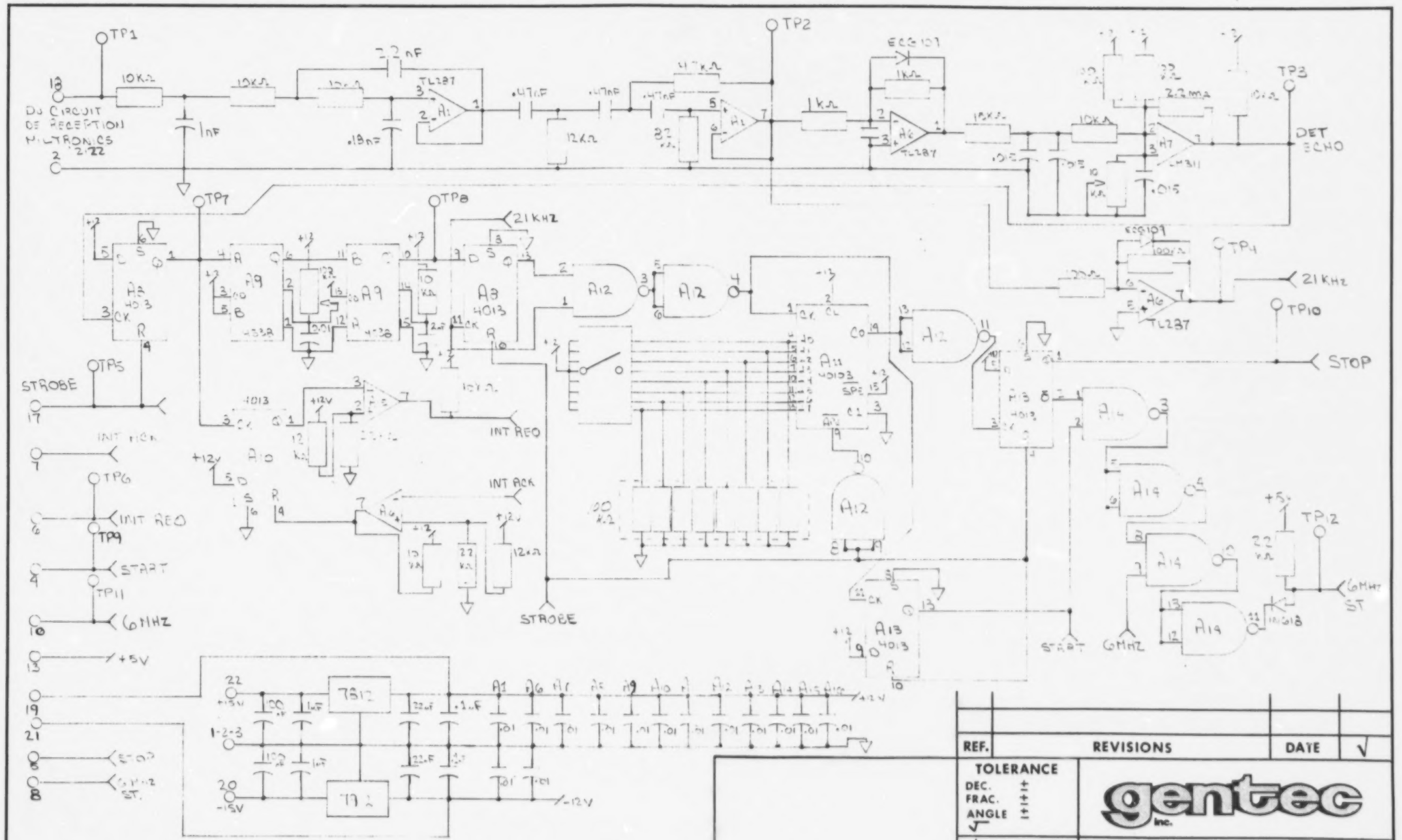
gentec inc.

CIRCUIT D'HORLOGE
VELOCIMETRE

SK-2846

A3

K+E ALBANY



REF.	REVISIONS	DATE	√

TOLERANCE
DEC. ±
FRAC. ±
ANGLE ±
√

√ JCD

DATE 87/04/10

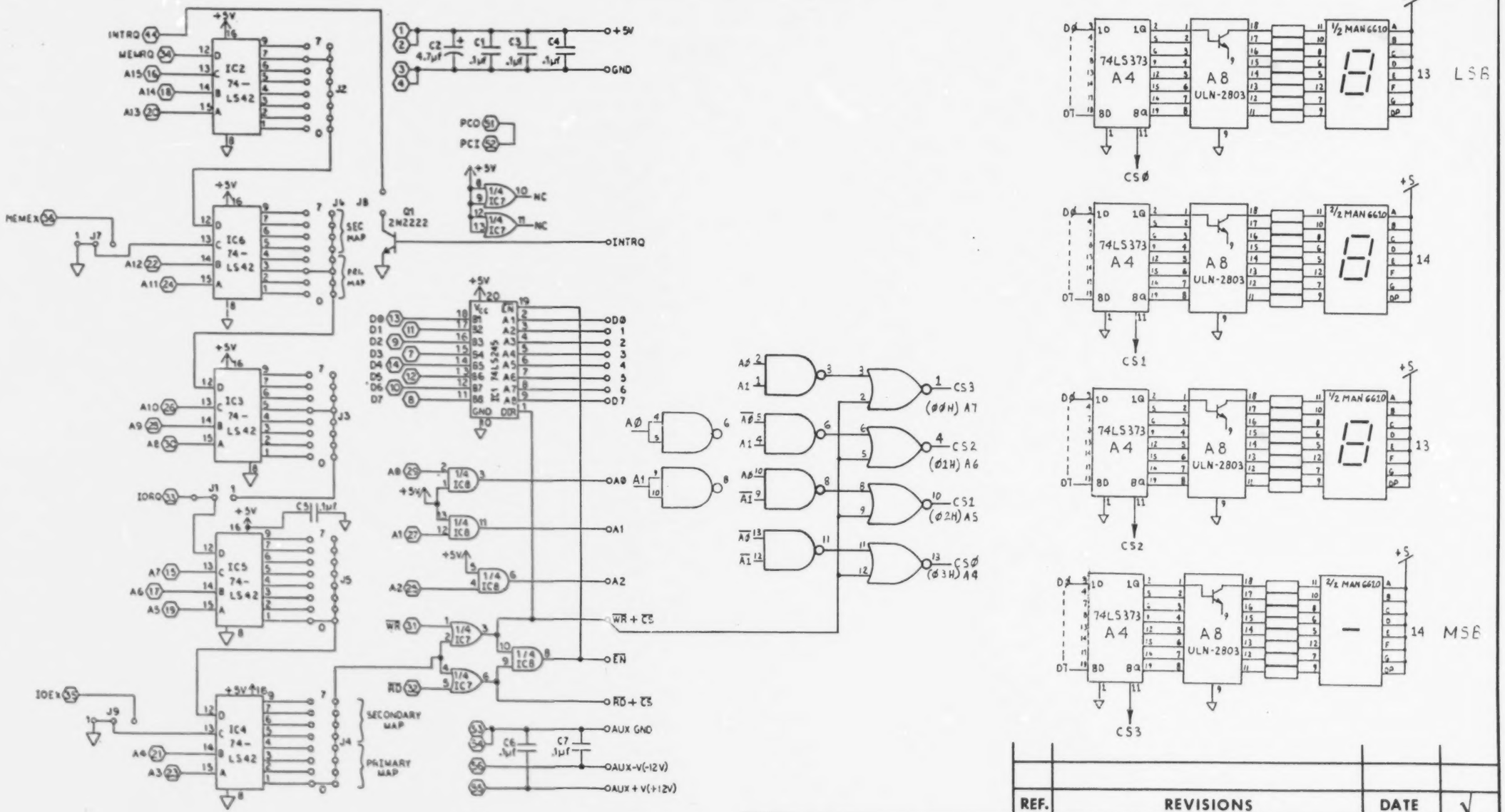
gentec inc.

CIRCUIT DE RECEPTION
VELOCIMETRE ULTRA SON
#614

SK-2847

A3

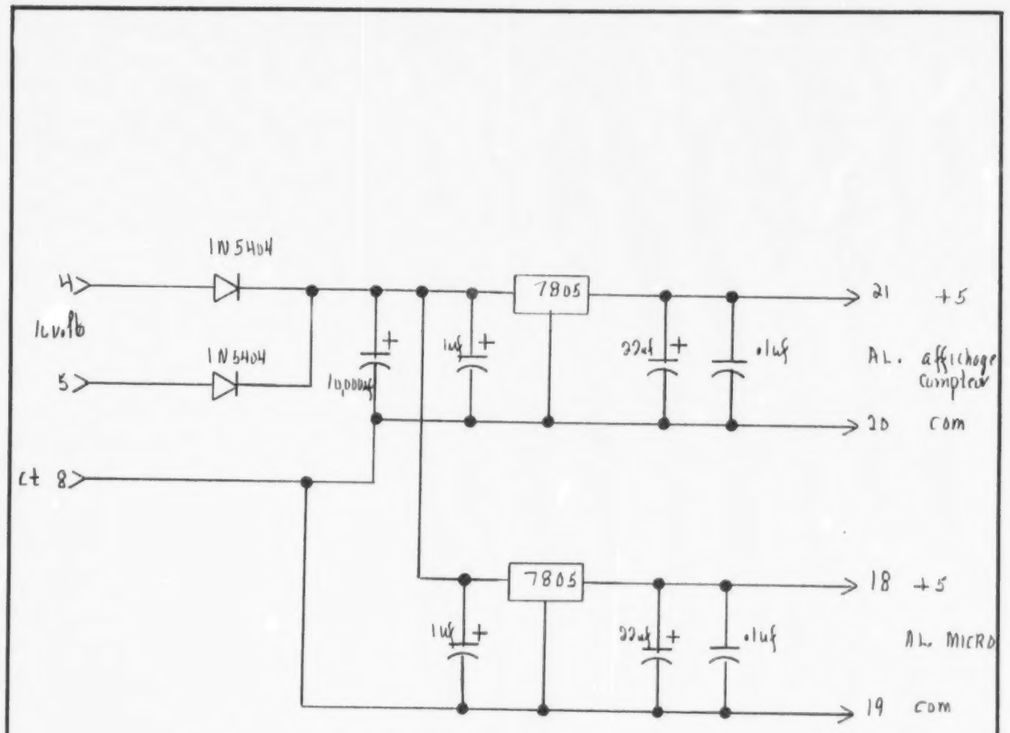
K·E ALBANENE



REF.	REVISIONS	DATE	√

TOLERANCE DEC. ± FRAC. ± ANGLE ± √	gentec inc.
√	CARTE D'AFFICHAGE STD
√	VÉLOCIMÈTRE
M. SIMARD	
DATE 87/06/12	# SK-2849 A3
——	

K•E ALBANENE



IL = 308ma → circuit compteur
IL = 450ma → " affichage
IL = 795ma → " micro

REF.	REVISIONS	DATE	√

TOLERANCE
DEC. ±
FRAC. ±
ANGLE ±
√

gentec INC.

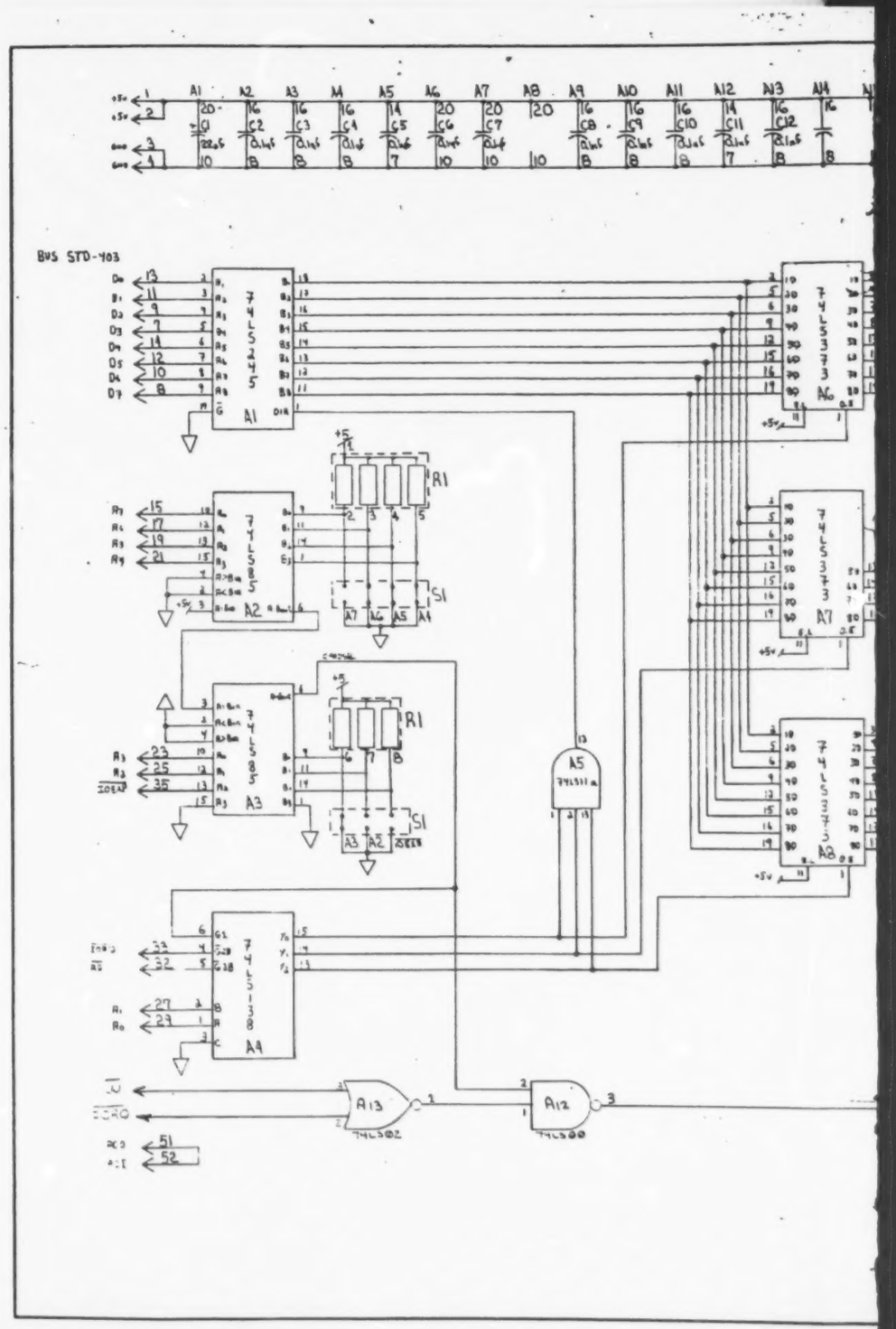
√
√
.310

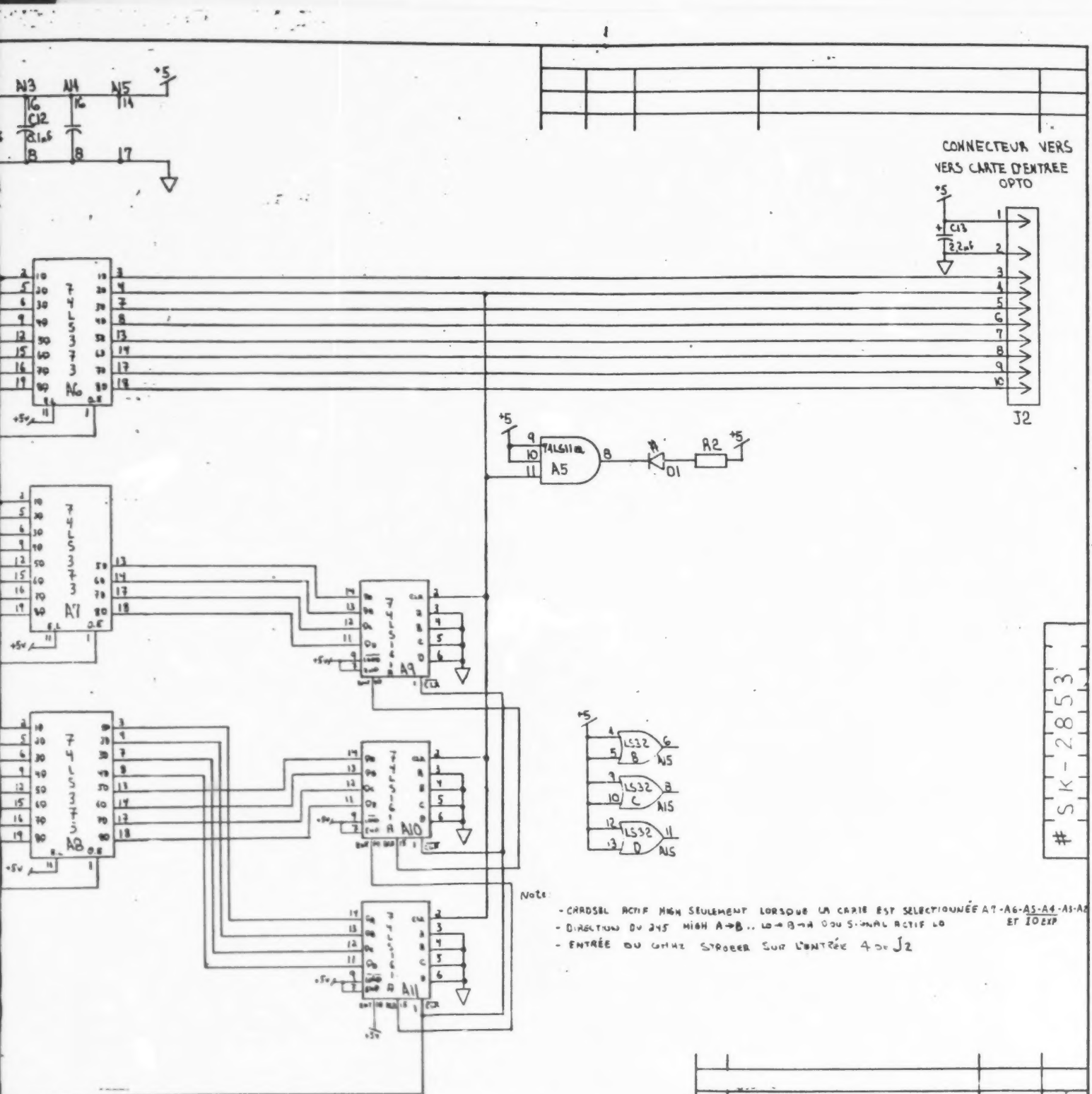
circuit d'alimentation
Velocimetre

DATE 87-03-26

SK-2856

A4





SK-2853

REF.	REVISIONS	DATE	√

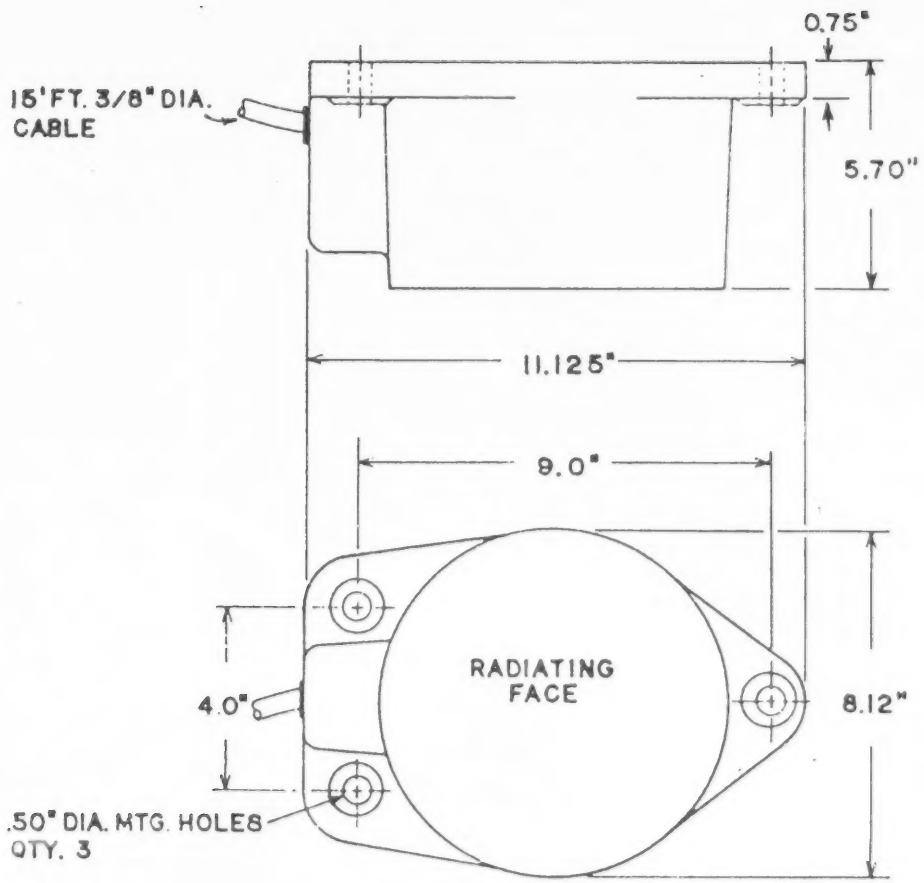
TOLERANCE
DEC. ±
FRAC. ±
ANGLE ±

gentec inc.

CIRCUIT DE COMPTEUR D'IMPULSIONS VELOCIMETRE

DATE 87/04/09

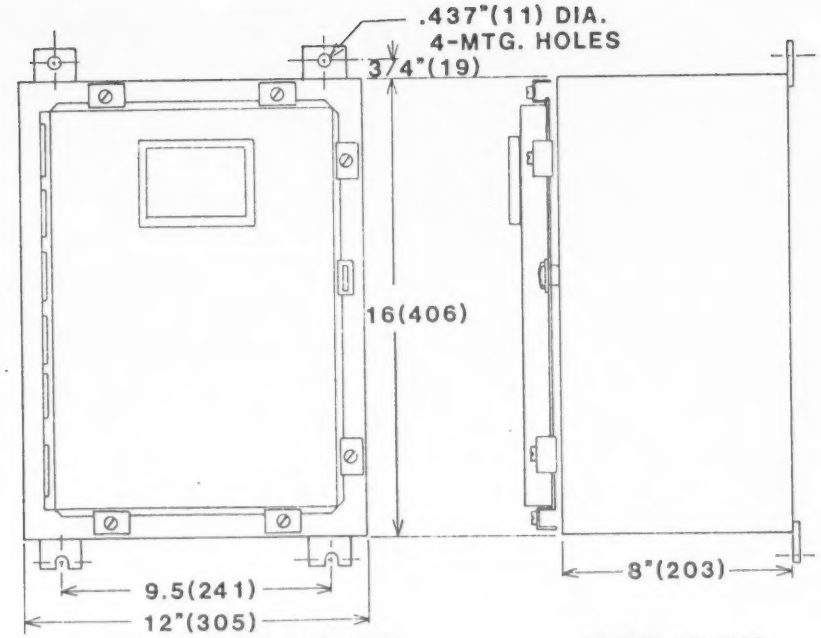
SK-2853 A2



TRANSDUCER OUTLINE

Source ST-100A

SK-2865



STANDARD ENCLOSURE -NEMA 4

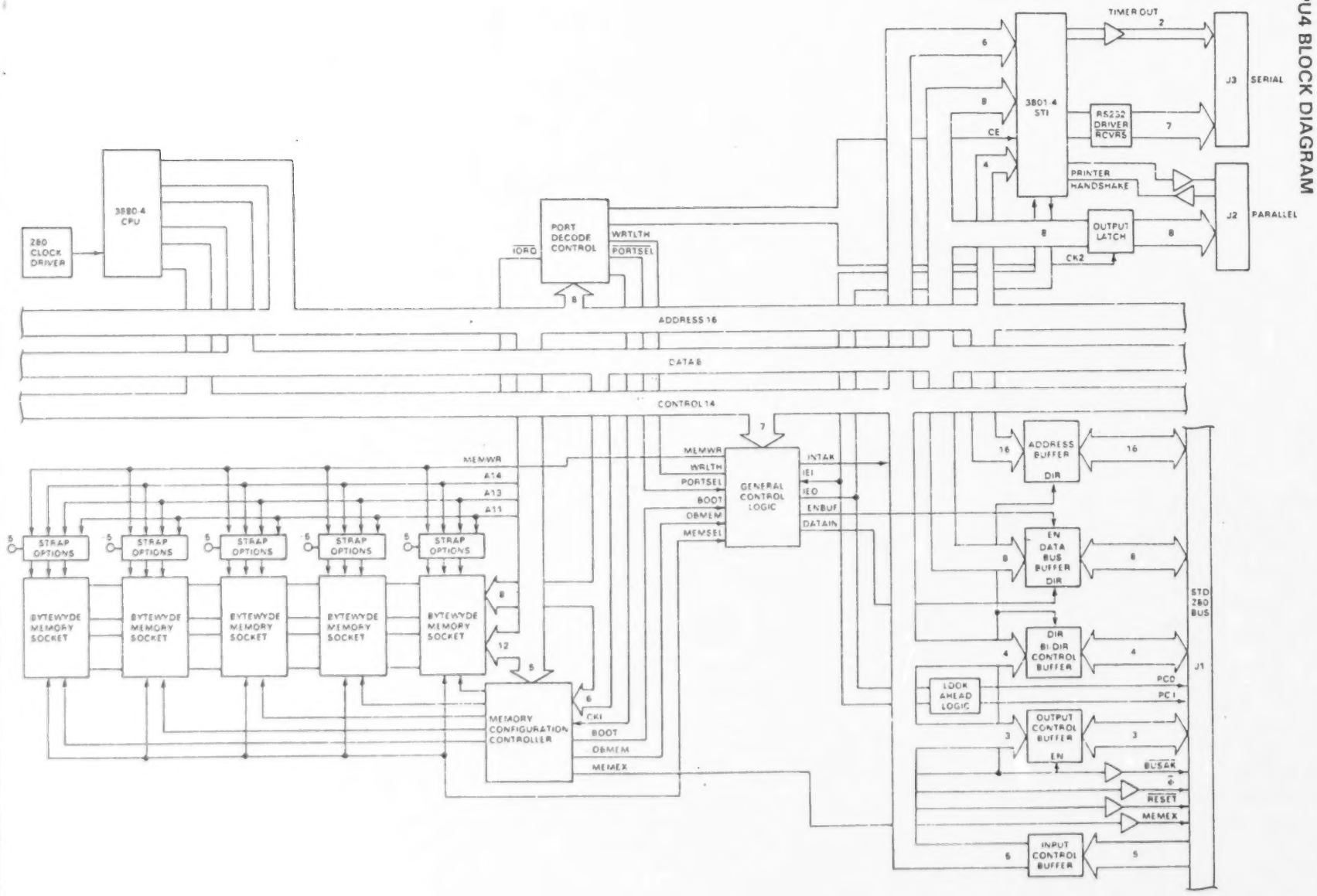
SIDE VIEW

DIMENSIONS-INCHES(MILLIMETERS)

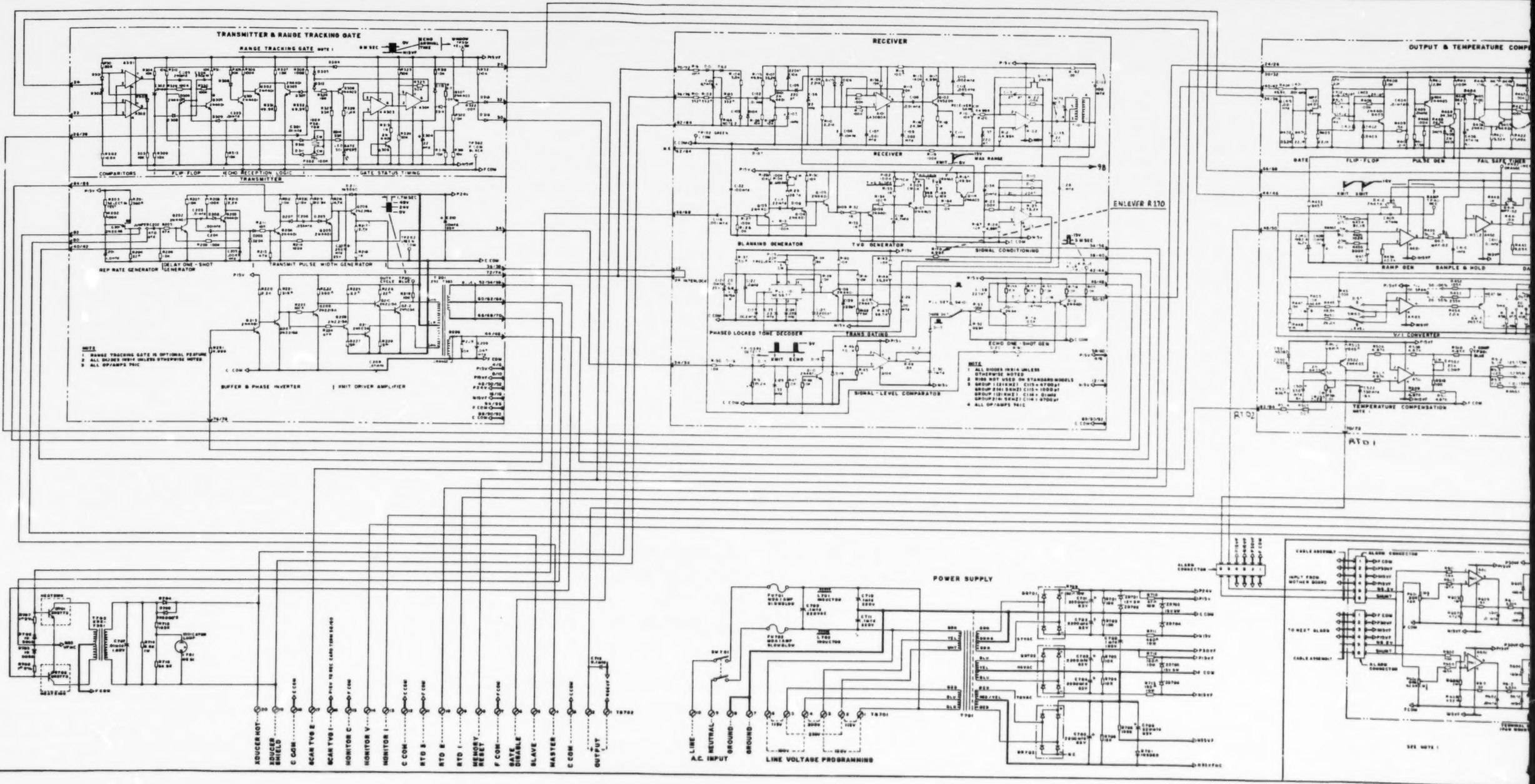
Boitier

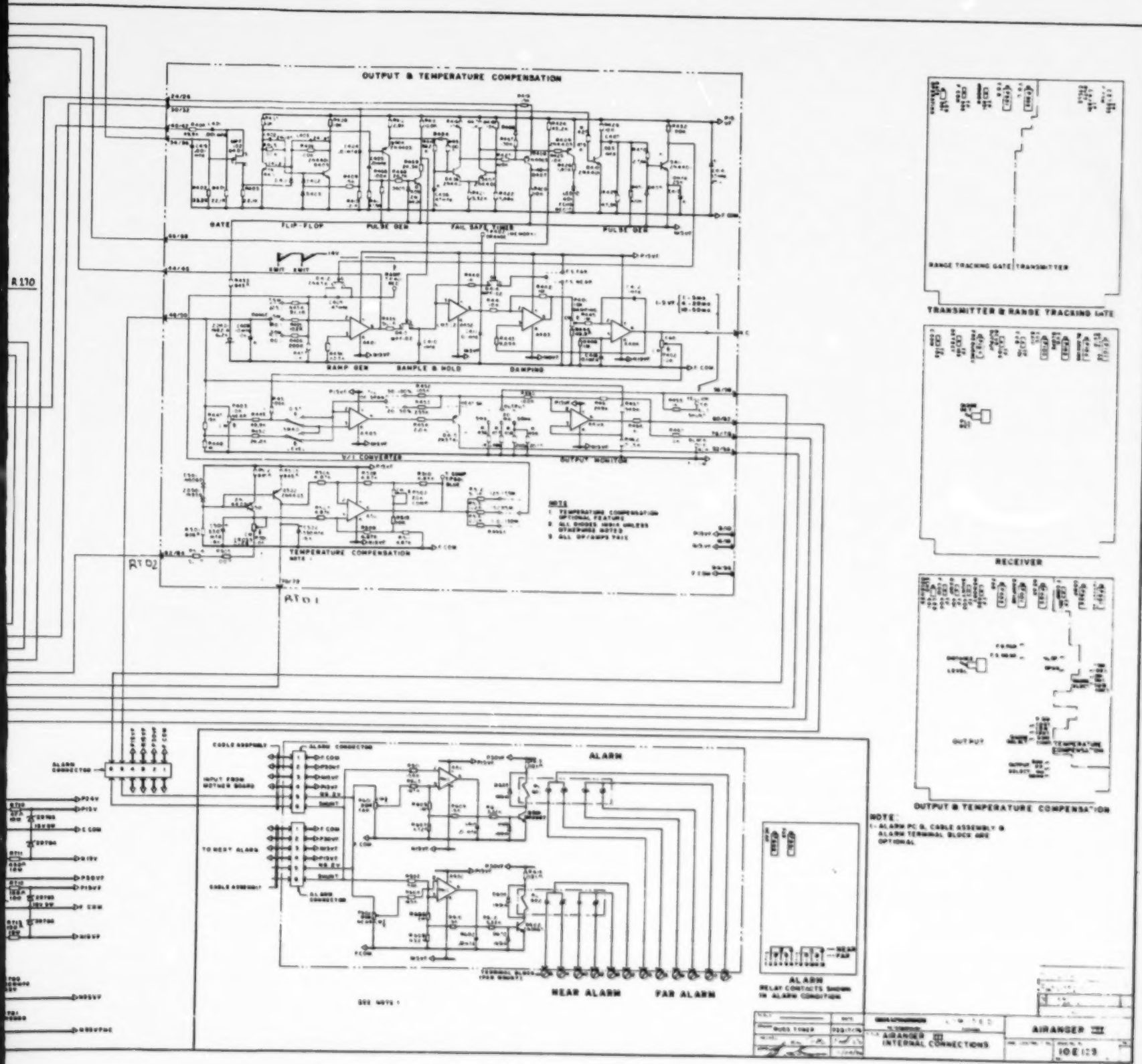
SK-2866

MDX-CPU4 BLOCK DIAGRAM



SK-2861


TRANSMITTER & RANGE TRACKING GATE
RANGE TRACKING GATE
COMPARITORS
FLIP FLOP
ECHO RECEPTION LOGIC
TRANSMITTER
GATE STATUS TIMING
REP RATE GENERATOR
DELAY ONE-SHOT GENERATOR
TRANSMIT PULSE WIDTH GENERATOR
BUFFER & PHASE INVERTER
UNIT DRIVER AMPLIFIER
RECEIVER
BLANKING GENERATOR
TVG GENERATOR
SIGNAL CONDITIONING
PHASED LOCKED TONE DECODER
TRANS GATING
ECHO ONE-SHOT GEN
SIGNAL-LEVEL COMPARATOR
ENLEVER R170
OUTPUT & TEMPERATURE COMPE
GATE
FLIP-FLOP
PULSE GEN
FAIL SAFE TIMER
RAMP GEN
SAMPLE & HOLD
V/I CONVERTER
TEMPERATURE COMPENSATION
R102
RTD1
POWER SUPPLY
A.C. INPUT
LINE VOLTAGE PROGRAMMING
TO NEXT BLOCK
INPUT FROM MOTHER BOARD
SEE NOTE 1
XDUCER HOT
XDUCER SHIELD
C COM
SCAN TVG B
SCAN TVG I
HONITOR C
HONITOR V
HONITOR I
C COM
RTD B
RTD I
HEADWAY RESET
F COM
GATE DISABLE
SLAVE
MASTER
C COM
OUTPUT
LINE
NEUTRAL
GROUND
GROUND


OUTPUT & TEMPERATURE COMPENSATION
GATE
FLIP-FLOP
PULSE GEN
FAIL SAFE TIMER
PULSE GEN
RAMP GEN
SAMPLE & HOLD
DAMPING
V/I CONVERTER
OUTPUT MONITOR
TEMPERATURE COMPENSATION
RT02
RT01
R 170
TRANSMITTER & RANGE TRACKING GATE
RANGE TRACKING GATE
TRANSMITTER
RECEIVER
OUTPUT & TEMPERATURE COMPENSATION
ALARM
NEAR ALARM
FAR ALARM
AIRANGER III
AIRANGER INTERNAL CONNECTIONS